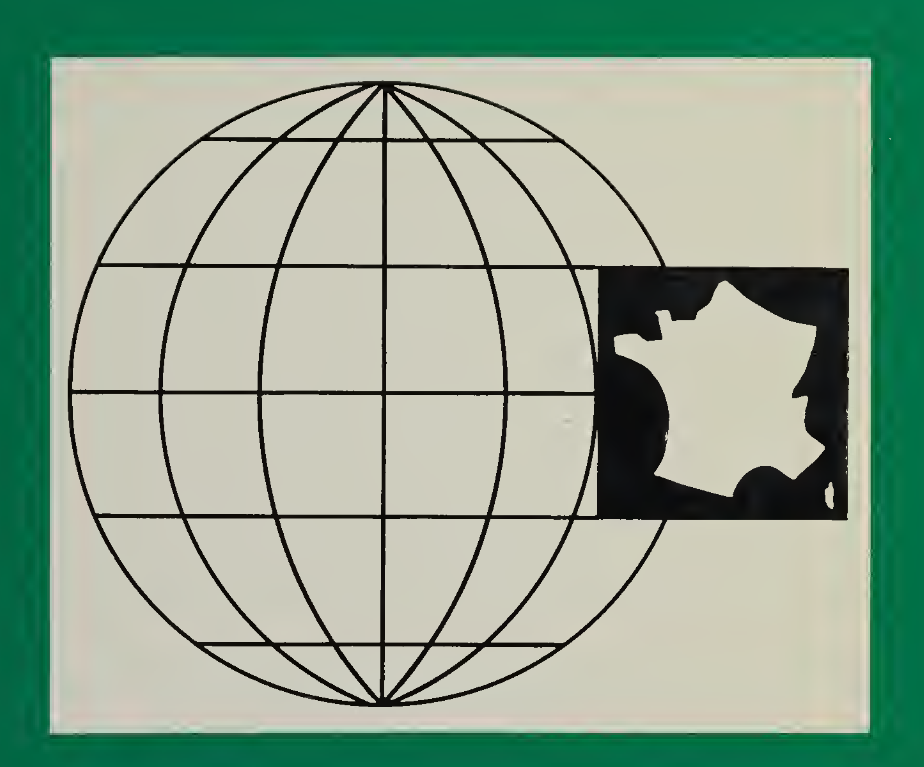
BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES



1983

Principaux résultats scientifiques et techniques



PARIS, 191, rue de Vaugirard 75737
ORLÉANS, BP 6009 Avenue de Concyr 45060

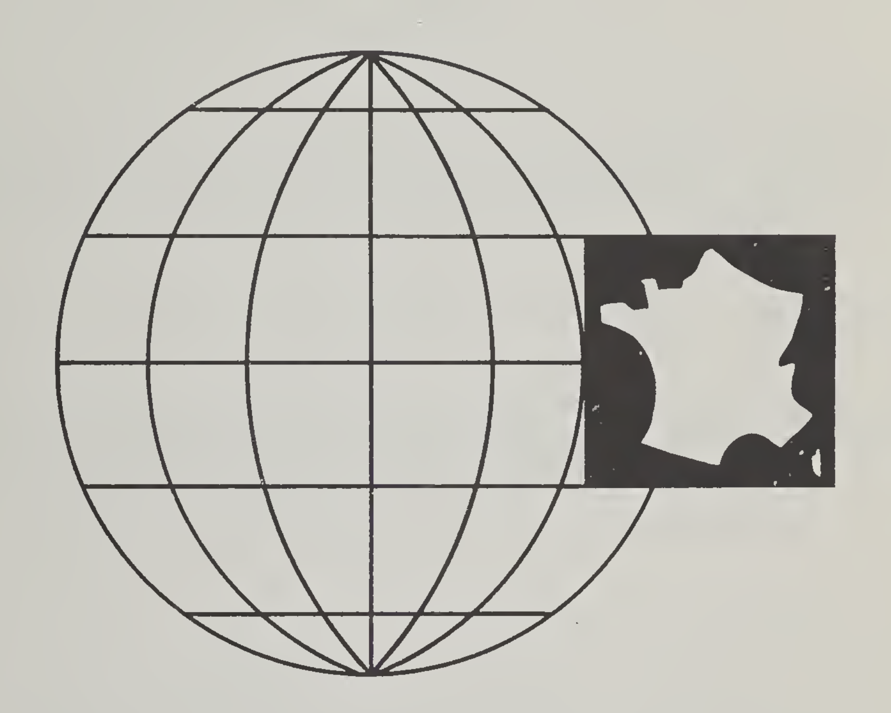


Textes coordonnés
par Georges Scolari

Directeur des publications du B.R.G.M. : Claude Cavelier
Responsable d'éditions : Jacqueline Goyallon
Correction et maquette : service Éditions du B.R.G.M.
Maquette de couverture : Jérôme Goyallon

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

1983



Principaux résultats scientifiques et techniques



PARIS, 191, rue de Vaugirard 75737
ORLÉANS, BP 6009 Avenue de Concyr 45060

Le volume présenté ici offre un panorama des activités de recherche scientifique et technique réalisées en 1983 par les directions opérationnelles du Bureau : direction des recherches et du développement minier (DRDM), direction des services généraux et techniques (DSGT), direction du service géologique national (DSGN), celle-ci assurant la plus grande part des travaux financés par l'enveloppe recherche.

Avant-propos

Les principaux résultats scientifiques et techniques du BRGM pour l'année 1983 sont présentés en deux parties principales :

- *une première partie inventorie les principaux travaux menés par grands thèmes ;*
- *une seconde partie donnant les résumés des principales recherches et publications de l'exercice.*

Comme l'année précédente, la Mission scientifique s'est appuyée, pour mener à bien cette synthèse, sur les comptes rendus des rapporteurs, sur l'analyse critique menée par l'Inspection générale, les discussions et avis du Conseil scientifique et du Comité des Sciences de la Terre, sections scientifique et service public.

Des résultats marquants peuvent être cités, sans que cette liste soit assurément exhaustive ; l'ordre de présentation retenu ici n'a aucune valeur de classement :

- *la poursuite des progrès réalisés dans la mise en évidence de différenciations fines dans les grands ensembles granitiques et métamorphiques du Massif central et du Massif armoricain, enrichissant de façon significative notre connaissance de ces faciès réputés monotones et de l'histoire à laquelle ils sont liés ;*
- *la qualité des travaux cartographiques menés sur le complexe ophiolitique d'Oman et leurs implications sur la recherche des chromites ;*
- *la conduite efficace de la synthèse du Sud-Est de la France qui permettra de la présenter au XXVII[e] C.G.I. ;*
- *la montée d'activité progressive, malgré les régulations budgétaires, du programme fédérateur national Géologie profonde de la France ; deux des onze cibles étudiées (coupole granitique d'Échassières et géothermalisme du Cézallier) ont atteint une maturité suffisante pour envisager la réalisation de forages ;*
- *le développement, avec un certain succès, des applications de méthodes électriques (non originales en elles-mêmes) pour l'étude pluridécamétrique de la fracturation naturelle forage-forage ou surface-forage ;*
- *les progrès significatifs enregistrés dans le décryptage de la signature volcanosédimentaire des séries porteuses ou potentiellement porteuses de sulfures polymétalliques, ce qui permet d'une part un recentrage de ces minéralisations dans leur contexte originel et d'autre part de faciliter les prospections dans des secteurs où tectonique et métamorphisme masquent les traits caractéristiques des séries étudiées ;*
- *la participation du Bureau à la découverte, en mer Rouge, d'une nouvelle fosse à saumures, aux études permettant de préciser âge et température de formation de la paragenèse sulfurée haute température des minéralisations de la fosse Atlantis II ;*
- *les succès enregistrés dans l'étude pluridisciplinaire des réservoirs géothermiques du Dogger du bassin de Paris qui permet de bien cerner, dans l'ensemble complexe de cette série, quels sont les niveaux porteurs et leur comportement hydrodynamique et thermique ;*
- *les essais encourageants de l'appareil portable d'analyse par fluorescence X in situ Syrano et d'une façon plus générale une bonne prise en compte de la nécessité de rapprocher autant que possible la métrologie et l'analyse du terrain ;*
- *les progrès significatifs dans le domaine des analyses isotopiques ayant abouti à doter le secteur analytique du BRGM d'une infrastructure solide qui permet de couvrir la gamme complète des techniques isotopiques couramment utilisées dans les Sciences de la Terre ;*
- *dans un esprit similaire, le développement quasi-explosif de la mini-informatique sur le terrain, en laboratoire et dans les bureaux, avec pour effet, une facilitation de certaines tâches et une approche de la mesure en temps réel (voir par exemple la mini chaîne de saisie des mesures gravimétriques) ;*
- *la mise en fonctionnement satisfaisante de la chaîne de traitement d'images de satellite, avec mise au point de logiciels adaptés aux besoins des géologues ;*
- *dans le domaine de la technologie, les essais prometteurs menés avec le système de forage rapide.*

Comme chaque année, les agents du Bureau ont publié leurs résultats qu'ils soient scientifiques ou techniques : plus de 170 articles ou ouvrages leur sont dus ; beaucoup d'entre eux sont co-signés avec des chercheurs extérieurs à l'Établissement, français ou étrangers.

Dans le domaine de la coopération scientifique, il faut aussi rappeler que le Bureau finance le soutien à environ 100 thèses de spécialité ou d'État, qu'il a négocié en 1983 des accords-cadres avec l'ORSTOM et le CNRS. Au plan international, il a des relations avec environ 80 états et collabore étroitement avec près de 30 d'entre eux.

On trouvera à la fin de ce volume :

— *la liste, toujours présentée par thèmes, des rapports internes du Bureau consultables par le public ;*
— *la liste des publications scientifiques et techniques des agents du Bureau ou auxquelles ils ont participé ;*
— *la liste des thèses soutenues en 1983, soit par les agents, soit par des stagiaires aidés par le Bureau ;*
— *un index des résumés scientifiques par auteur et par répartition géographique, y compris régionale.*

Sommaire

2. RÉSUMÉS DES PRINCIPAUX RÉSULTATS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

1. Analyse de l'activité

Géologie générale et connaissance géologique régionale

Appui à la cartographie géologique ; synthèses géologiques régionales et thématiques

Appui à la cartographie géologique

• *Carte géologique à 1/50 000 du territoire métropolitain*

Un peu plus d'une centaine de cartes étaient en cours de lever en 1983, travaux qui ont été épaulés par l'exécution de 200 sondages, totalisant près de 6 000 m forés et de nombreuses analyses de laboratoires (pétrochimie, pétrographie, isotopes) supérieures en nombre à celles réalisées en 1982.

Ce sont finalement 31 coupures qui ont été achevées et remises au secrétariat de la Carte. Ce résultat est satisfaisant dans la mesure où il marque une progression par rapport à 1982. Par secteurs géographiques, les maquettes se répartissent ainsi :

- Massif armoricain 7
- Massif central 7
- Alpes 2
- Bassin de Paris 5
- Aquitaine 8
- Corse 2

La prépondérance des massifs anciens est encore forte (16 coupures). On note une décroissance assez sensible des cartes produites par les collaborateurs extérieurs.

Le nombre des manuscrits de notices explicatives remis en 1983 au secrétariat est également en progrès par rapport à 1982 (24 contre 19), mais encore relativement faible en comparaison avec les minutes reçues, de telle sorte que le nombre de cartes dans le circuit d'édition sans notice est de 30.

Au 31 décembre 1983, le nombre total des coupures levées était de 835, soit 74 % de la couverture cartographique totale.

C'est essentiellement sur la fabrication et l'édition des cartes que les effets des restrictions budgétaires se sont fait sentir ; de ce fait, le programme initial d'édition n'a pu être respecté, et ce sont seulement 21 cartes à 1/50 000 qui sont sorties des presses en 1983, contre 35 prévues.

Au 31 décembre 1983, le nombre des coupures éditées est de 650 (regroupées en 603 cartes), soit 58 % de la couverture totale du pays.

• *Autres cartes*

Le **programme carte géologique des grandes agglomérations** à 1/25 000 a été considérablement ralenti ; en 1983, la maquette de la feuille Marseille Sud a été reçue ; l'ensemble de l'agglomération est ainsi levé.

Pour les **cartes de synthèse**, l'activité 1983 s'est réduite à l'impression de la feuille Paris à 1/250 000.

Dans la ligne d'édition **cartes thématiques**, une réalisation importante a vu le jour en 1983 : la carte des « zones exposées à des glissements, écroulements, effondrements et affaissements de terrain en France », à l'échelle du 1/1 000 000, réalisée avec l'appui de la Délégation aux risques majeurs, la Direction de la sécurité civile, le ministère de l'environnement.

La carte Sud-Cornouailles de la marge continentale à 1/250 000 a été co-éditée avec le British Geological Survey.

• *Apports scientifiques*

En 1983, les levés entrepris ont permis des progrès sensibles dans la connaissance géologique régionale ; à titre d'exemple :

— mise en évidence de différenciations fines dans les grands ensembles granitiques et métamorphiques du Massif central et du Massif armoricain, ainsi que dans leurs auréoles de métamorphisme de contact ;

— des datations originales (Rb/Sr) de granites corses et mancelliens ;

— mise en évidence de faciès volcanosédimentaires et conglomératiques dans le Briovérien du Massif armoricain ;

— différenciation de bassins tertiaires et primaires dans le complexe des Arkoses de Cosne (région de Montluçon) ;

— cartographie du substratum landais sous les dépôts récents ;

— identification de nombreux accidents, même dans les zones peu affleurantes, etc.

Des thèses (3) ont été soutenues dans le cadre des travaux de levés.

• *Cartographie assistée*

Le département des applications graphiques a, en 1983, analysé comme cela le lui avait été recommandé, les systèmes d'automatisation de la chaîne de fabrication des cartes disponibles sur le marché. Il a porté son choix sur un système dont les premiers éléments sont en cours d'installation. Diverses étapes devront cependant être franchies avant de parvenir à l'édition automatisée de documents aussi sophistiqués que les cartes géologiques.

• *Cartographie géologique à l'étranger*

Dans un cadre contractuel, d'importants travaux de cartographie géologique ont été menés à bien, ainsi que l'exploitation des données qu'ils ont permis de recueillir.

Nous rappellerons ici les importants levés menés en **Oman** qui ont permis de retracer l'histoire de la mise en place des ophiolites et des roches sédimentaires qui leur sont associées ; la poursuite et l'exploitation des levés en **Arabie**, au **Mozambique** et au **Gabon**.

Synthèses géologiques régionales et thématiques

• *Synthèse géologique du Sud-Est de la France*

La synthèse du Sud-Est constitue un bel exemple de coopération puisque plus de 230 chercheurs d'origines et de nationalités diverses ont participé à sa réalisation : Universités d'Aix-en-Provence, Avignon, Besançon, Caen, Chambéry, Dijon, Genève, Grenoble, Lausanne, Le Mans, Lyon, Marseille, Montpellier, Nancy, Nantes, Neuchâtel, Nice, Orsay, Paris, Perpignan, Strasbourg, Toulouse, Turin, Faculté catholique de Lyon, C.N.R.S., École nationale supérieure d'agronomie, École nationale supérieure des mines de Paris, École nationale supérieure de géologie de Nancy, École nationale des sciences appliquées de Montpellier, École pratique des hautes études de Montpellier, Institut national des sciences appliquées de Lyon, Laboratoire rhodanien de géomorphologie, Musée géologique de Lausanne, Muséum d'histoire naturelle de Paris, Muséums de Marseille et de Nice, Office des Nations Unies, Office des eaux et forêts, Service cantonal de géologie de Genève, Charbonnages de France, Mines domaniales de potasse d'Alsace, sociétés de recherches pétrolières : S.N.E.A. (P), ESSO, C.F.P., B.E.I.C.I.P., ainsi que quelques géologues ou chercheurs indépendants.

Le B.R.G.M. a assuré la coordination de l'ouvrage tout en y participant activement par l'intermédiaire de plusieurs de ses unités.

L'ouvrage, qui sortira en 1984 pour le Congrès de Moscou, est composé de deux volumes, l'un de texte, l'autre de planches.

Le volume de texte est intitulé « Stratigraphie et paléogéographie ». Il se compose d'environ 600 pages réparties en 11 chapitres et est illustré de 400 figures.

L'atlas (deuxième volume) contient 64 planches.

La majorité d'entre elles est constituée de cartes réalisées à l'échelle du 1/1 000 000, réduite à l'échelle du 1/1 500 000. Quelques-unes ont cependant des échelles plus grandes. Quelques planches comportent des coupes qui permettent de montrer les importantes variations de faciès présentes dans le Sud-Est. L'atlas se termine avec les cartes du Quaternaire et les planches de forages qui méritent une mention particulière :

— les cartes du Quaternaire représentent la première synthèse détaillée de cette période proche et encore mal connue. Une carte néotectonique est jointe à cet ensemble ;

— les planches de forage situent les principaux ouvrages de plus de 100 m de profondeur, et indiquent l'âge du niveau en fond de trou.

• *Synthèse des bassins permiens français*

L'année 1983 a été consacrée à la mise en place de l'équipe et à la mise au net des documents épars, élaborés au cours des dernières années à l'occasion des actions concertées du ministère de l'industrie et de la recherche et de la C.C.E. sur les bassins permiens français. Le plan de l'ouvrage comprend : la présentation des bassins, la sédimentologie, la stratigraphie et le volcanisme des séries permiennes. L'ouvrage, dont la sortie est programmée fin 1984, comprend un seul volume, intégrant texte et planches et comporte la présentation individuelle des principaux bassins français, affleurants (Brive, Rodez, Najac, Aumance, Autun, Blanzy, Saint-Affrique, Lodève, Ronchamp, Carentan, Var, Alpes et Pyrénées) ou cachés (bassin de Paris, Aquitaine, Couloir rhodanien, Nivernais, Sarre-Lorraine) ; 18 planches accompagnent ce texte.

L'équipe de la synthèse comprend une trentaine de personnes (B.R.G.M., C.N.R.S. Université). Plusieurs ingénieurs appartenant aux sociétés de prospection minière et aux Charbonnages de France ont également collaboré à ce travail.

• *Synthèse des Pyrénées*

L'année 1983 a été consacrée à l'élaboration du projet (plan et structure de l'ouvrage, emprise géographique, découpage des groupes de travail, calendrier prévisionnel, etc.) et aux négociations préliminaires avec les Espagnols, en vue d'obtenir leur participation ; les travaux de recherche complémentaires (thèses de 3e cycle et travaux d'appui), destinés à combler certaines lacunes dans les connaissances, se poursuivront jusqu'en 1986.

A l'inverse des synthèses précédentes, réalisées en bassins sédimentaires, il s'agit cette fois de la synthèse d'une chaîne de montagne qui constitue, par surcroît, un bel exemple de la superposition d'une chaîne alpine à un fragment de l'orogène hercynien. C'est dire que le fait structural et géodynamique joue un rôle prépondérant et doit constituer le fil directeur de l'ouvrage.

L'avancement des travaux est programmé pour une présentation de la synthèse au 28e Congrès géologique international.

Géologie profonde de la France

Le programme fédérateur, national, Géologie profonde de la France, lancé en 1982, a pour objectif de développer la connaissance des 5 ou 10 premiers kilomètres du sous-sol national, grâce :

— à des études sur sites détaillées, géologie, géophysique... ;

— à l'exécution et la valorisation de forages profonds implantés sur des points-clefs définis par des études préalables de sites.

Le projet est soutenu par le B.R.G.M., le Centre national de la recherche scientifique et la direction de la recherche du ministère de l'éducation nationale.

Dans une première phase, le comité scientifique du programme — qui regroupe des personnalités de l'ensemble de la communauté géologique française — a lancé un premier appel d'offres en 1983. Après dépouillement, 11 thèmes ont été retenus regroupant 280 chercheurs (66 B.R.G.M., 214 extérieurs). A l'intérieur de ces thèmes, 67 sous-thèmes peuvent être individualisés : 19 sont traités par des équipes B.R.G.M. ; 11 groupes de travail, correspondant aux 11 thèmes retenus, ont été formés, chaque groupe ayant à sa tête un animateur et un rapporteur. Ces groupes ont tenu plus de 40 réunions techniques. Les travaux entrepris dans le cadre de cette première phase d'études préliminaires ont commencé au 2e semestre 1983 et se poursuivent durant le 1er semestre 1984 : les résultats sont donc encore partiels ; quelques-uns d'entre eux sont très succinctement rappelés ci-dessous (les astérisques * indiquent les opérations auxquelles des équipes B.R.G.M. ont participé).

1. **Chevauchements nord-varisques** (faille du Midi) : l'analyse des données géophysiques et de géologie structurale régionale * vise à mieux individualiser et décrire les principaux marqueurs profonds dont le plus superficiel peut correspondre à la faille du Midi.
2. **Socle et anomalie du Bassin de Paris** : les études géophysiques (réinterprétation sismique, modélisation gravi-mag *) fournissent des modèles possibles des structures responsables de l'anomalie ; les données disponibles actuellement ne permettent cependant pas de caler de manière assurée un de ces modèles en profondeur.
3. **Chevauchement synmétamorphique de la zone interne varisque du Limousin** : les études sur le terrain et en laboratoire permettent de reconnaître des zones de cisaillement délimitant une klippe du Haut-Limousin jalonnée de massifs ultra-basiques. L'analyse cinématique * des chevauchements du Limousin central a été poursuivie.
4. **Soubassement précambrien de l'orogène varisque en Bretagne centrale** : les travaux de terrain * (voir thème géodynamique, 2e partie) ont montré que le dôme de Plouguenast ne constitue pas, comme on avait pu le supposer, un socle pour le Briovérien mais un dôme « tectonométamorphique ».
5. **Allochtonie des unités alpines** : les travaux ont porté sur des études stratigraphiques et structurales de la couverture jurassique occidentale de Belledonne.
6. **Allochtonie des massifs paléozoïques nord-pyrénéens** : des études structurales * ont cherché à fixer les relations du massif de l'Arize avec son encaissant.
7. **Bassins paléozoïques cachés sous l'Aquitaine** : des études bibliographiques et sur carottes sur le Paléozoïque affleurant en bordure du bassin ont été commencées.
8. **Évolution géochimique et métallogénique d'un apex granitique : Échassières** : sur ce site dont l'étude assez avancée en fait un des objectifs possibles pour un premier forage, les travaux géophysiques * (sondages électriques) permettent d'ébaucher une cartographie du toit du granite sous le recouvrement schisteux tandis que l'analyse pétro-structurale fait ressortir les directions préférentielles des fractures et des linéaments du massif.
9. **Volcanisme récent du Massif central** : des démarches visant à obtenir l'autorisation de prolonger le forage du Croizet (Mont-Dore) ont été menées et semblent devoir aboutir favorablement.
10. **Géothermalisme actuel** : de nombreux travaux géophysiques *, en cours de dépouillement, sur le site du Cézallier ont été effectués (M.T., flux thermiques) ; ils indiqueraient la présence d'objectifs géothermaux intéressants à une profondeur d'environ 1 000 m, objectif qui pourrait être vérifié par un premier forage d'orientation.
11. **Subsidence et diagenèse de la bordure ardéchoise du bassin du SE** : les études préliminaires montrent que la définition d'un site nécessitera la réalisation d'une campagne sismique haute résolution.

Enfin, dans le cadre de l'observatoire des forages profonds, 3 lettres d'information, préparées par le Bureau, ont été diffusées.

Géodynamique

Géodynamique de l'arc des Petites Antilles (Arcante)

L'originalité du programme Arcante réside dans la complémentarité des **travaux à terre** (cartographie géologique, études biostratigraphiques, pétrologiques, géophysiques) et **en mer** (bathymétrie, dragages de roches, sismique-réflexion, magnétométrie).

Ce programme, regroupant plusieurs unités du B.R.G.M., a fait appel à la collaboration de nombreux organismes ou laboratoires français et étrangers (U.B.O., I.F.P., C.N.E.X.O., etc.). Les objectifs précis correspondent à l'étude géologique de toutes les îles françaises et, parallèlement, à une reconnaissance générale de l'Est Caraïbe.

Grâce aux levés cartographiques détaillés, les études de terrain sur les îles ont mis l'accent sur les processus pétrologiques et volcanologiques, et sur la connaissance des formations volcanosédimentaires appuyée par la biostratigraphie et les datations K/Ar.

Le bilan pratique des opérations marines s'élève à 96 stations de dragages de roches réparties sur tout le secteur d'étude (Petites Antilles et ride d'Aves), 4 500 km de bathymétrie conventionnelle, 3 500 km de bathymétrie au sondeur multifaisceaux, 3 450 km de profils magnétométriques et 1 150 km de profils sismique-réflexion continue.

La configuration actuelle de l'arc des Petites Antilles est engendrée par la subduction de la croûte océanique atlantique sous la plaque caraïbe. Le taux de convergence de cette marge active est faible, de l'ordre de 2 cm/an. **L'histoire de l'arc** peut désormais être imaginée d'une façon tout à fait nouvelle.

La minéralogie, la géochimie, la chronologie des ensembles volcaniques, les rapports isotopiques du Sr et le contrôle tectonique de mise en place permettent de définir **cinq grandes séries de roches volcaniques.**

La **métallogénie** reconsidérée sous l'angle de la tectonique des plaques fournit des concepts généraux éclairant la répartition des différentes minéralisations connues dans les Grandes et Petites Antilles.

En ce qui concerne **l'hydrothermalisme sous-marin,** l'étude des encroûtements de Fe-Mn dragués au cours des campagnes Arcante 1 et 3 permet de mettre en évidence plusieurs processus de genèse de ces croûtes : hydrothermalisme proximal ou distal lié à l'existence d'appareils volcaniques sous-marins récents (mais éteints) et « hydrogénisme ». Par ailleurs la découverte de sulfate d'Al sur un encroûtement du banc Bertrand (arc externe) pourrait indiquer la persistance de circulations hydrothermales, bien après l'extinction du volcanisme.

Géodynamique des massifs anciens de la péninsule armoricaine

Les travaux sont menés dans le cadre du pôle, situé à Nantes, et dont l'activité est toute entière consacrée à la géologie des socles anciens. Il est partie prenante de la R.C.P. n° 705. Un premier thème de recherche vise à préciser **l'évolution géodynamique cadomienne** grâce à une connaissance approfondie de la lithostratigraphie du Briovérien et à l'identification des phases tectoniques cadomiennes et varisques.

Les chercheurs mettent en évidence l'évolution spatiale des caractères magmatiques du volcanisme briovérien selon une transversale à la chaîne cadomienne, du NW au SE.

L'étude structurale est en cours de réalisation et met en évidence deux phases tectoniques bien distinctes (plissements synschisteux).

Ces résultats confirment et précisent le schéma géodynamique global proposé dès 1979.

En Bretagne centrale, les coupes faites pour l'inventaire lithostratigraphique du Briovérien ont été complétées par une coupe de Josselin à Plouguenast. Ce travail entre dans le cadre du programme Géologie profonde de la France et a été mené en liaison avec une thèse de 3e cycle à l'Université de Rennes.

Les résultats essentiels sont les suivants :

— le domaine de Plouguenast n'est pas un socle pour le Briovérien mais un dôme tectono-métamorphique monté au sein du Briovérien. Le passage de ce domaine au Briovérien de Bretagne centrale se fait selon une évolution continue ; l'âge de la mise en place de ce dôme est très probablement varisque ;

— la structuration complexe du Briovérien au Sud-Ouest du dôme (zone de La Chèze à Rohan) est due à la présence de granites varisques à relativement faible profondeur et à des reprises tectoniques tardives ;

— l'analyse du Briovérien montre que la zone située au Sud du granite de Plémet est occupée par une vaste structure synforme où des termes élevés de la série briovérienne affleurent (épaisse formation silto-argileuse).

Dans le **secteur vendéen,** des travaux de recherches ont été couplés à la recherche minière en cours dans le sillon de Saint-Georges-sur-Loire. Des discordances cartographiques importantes ont été mises en évidence.

L'étude des relations entre les cycles cadomiens et varisques est rendue difficile du fait de l'intense fracturation varisque de la zone sud-armoricaine. Des données nouvelles sont toutefois à relever :

— La série cambrienne du synclinorium de Chantonnay est composée de trois formations qui reposent sur un socle précambrien structuré durant l'orogène cadomien.

— La découverte sur l'île d'Yeu d'un contact entre un orthogneiss et une série détritique à base métaconglomératique et la corrélation qui peut être établie entre les séries sédimentaires de la côte vendéenne et du haut bocage vendéen amènent donc à :

— attribuer un âge cambrien aux séries métamorphiques des Sables d'Olonnes et de Sauveterre ;

— identifier un socle cadomien orthogneissifié.

Diagenèse, sédimentologie, techniques géologiques, stratigraphie

Diagenèse

• *Zonéographie de la diagenèse*

Les travaux du thème diagenèse sont menés dans une optique résolument coopérative : groupe Indicadia, RCP 707.

L'objectif général demeure la **sélection de marqueurs, corrélables avec l'histoire géologique** des bassins sur les sédiments d'origine océanique et terrestre. Les voies d'approche retenues ont été la géochimie, l'évolution de la matière organique, la minéralogie des cortèges argileux. L'étude a surtout porté sur les séries crétacées de la fosse vocontienne dont l'évolution diagénétique est marquée d'Ouest en Est ; des comparaisons ont été menées avec des séries situées dans des contextes différents. Les premiers résultats obtenus montrent de sensibles différences avec les modèles d'évolution diagénétique généralement admis et viennent s'ajouter à ceux, très significatifs concernant le rôle des fluides, obtenus par le biais des études géothermiques qui ont pu bénéficier de l'augmentation sensible du nombre de forages accessibles et des crédits de recherche (I.M.R.G.) ; les séries du Dogger du Bassin de Paris ont été ainsi étudiées en détail (liaison diagenèse-porosité) de même que celles du Trias du Sud du Bassin où la répartition des corps sédimentaires pétrographiquement variés demeure mal connue et dont on connait les problèmes qu'elles posent pour la réinjection des fluides sur site d'exploitation géothermique.

• *Évolution des altérites tertiaires*

Une fédération des efforts a été poursuivie dans le cadre de l'étude des altérites et des sédiments tertiaires de la bordure du Massif central. La recherche des traces de l'évolution d'une couverture tertiaire du vaste domaine varisque du centre de la France a des conséquences directes sur la prospection des matériaux, de l'uranium et l'examen des sites de stockage profond.

Techniques géologiques

Diverses techniques d'analyse sédimentologique ont fait l'objet de développements :

— examen pétrographique et géochimique de la **maturation de la matière organique carbonée** en liaison avec l'Université d'Orléans et le C.N.R.S. ;

— **exoscopie** des grains de quartz ;

— **cathodoluminescence**.

Ces techniques, peu nouvelles en elles-mêmes, ont trouvé leur utilité dans l'étude des processus diagénétiques eux-mêmes, l'analyse détaillée de certains métallotectes et réservoirs hydrothermaux. Elles ont contribué à reconstituer l'histoire sédimentaire et post-sédimentaire de divers milieux.

La **microbiostratigraphie** (micropaléontologie, palynologie) a contribué à être utilisée, d'une part pour diverses applications, d'autre part pour contribuer au développement et à l'affinement des connaissances stratigraphiques d'étages stratotypes français ; stratotypes du Campanien, du Sénonien par exemple. Ces travaux sont menés en étroite collaboration avec d'autres groupes français.

Sédimentologie dynamique

L'analyse du cycle érosion-transport-sédimentation a été menée à l'occasion des opérations suivantes :

— étude de l'érosion et des transports solides dans des bassins représentatifs de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (en collaboration avec l'Office de recherche scientifique et technique d'Outre-mer, ORSTOM), en utilisant un réseau de télétransmission des données par satellite ;

— mesure et simulation des transports solides (suspension et charriage) dans la Loire moyenne (en collaboration avec Électricité de France, Laboratoire national d'hydraulique) ;

— mise au point d'un granulomètre portatif pour la mesure rapide « in situ » des sédiments des rivières torrentielles.

Sédimentologie marine

• **Participation à IPOD** :

Au cours du leg 86 du **projet IPOD**, deux forages ont été menés à bien à partir du GLOMAR CHALLENGER dans le Pacifique NW de part et d'autre de la ride de Shatsky à plus de 6 000 m de profondeur. Les sites 578 et 576 ont traversé des sédiments cénozoïques de type « argiles rouges des grands fonds » qui surmontent des cherts d'âge campanien-maestrichtien. En collaboration avec les universités de Lille et de Brest, le matériel sédimentaire a été étudié et des conclusions tirées sur la stratigraphie, les agents de transport et la diagenèse.

• **Exploration des marges continentales et de leurs placers** :

L'exploration d'une marge continentale étroite au large de la Sierra de Gata, en **Andalousie**, a fourni (en collaboration avec l'Institut géologique et minier d'Espagne) un modèle de transport sédimentaire du matériel provenant de différentes provinces, notamment des volcanites miocènes (Au). L'alimentation des fonds par des canyons sous-marins conduit à des teneurs localisées fortes en minéraux lourds. Enfin, le Bureau a participé activement, en collaboration avec le Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et la compagnie indonésienne P.N. Timah à une seconde campagne de prospection sismique et magnétométrique des **placers stannifères** d'une zone comprise entre les îles Singkep et Belitung en Indonésie.

Bases et banques de données

Le B.R.G.M. est chargé par l'État de la collecte, de la conservation et de la diffusion de l'information géologique qui se présente sous la forme de données brutes, factuelles ou bibliographiques.

L'année 1983 a été essentiellement marquée par une révision des procédures mises en œuvre par le Bureau pour la banque des données du sous-sol et la banque des données bibliographiques. La première de ces révisions suit des recommandations du Conseil scientifique et du Comité des sciences de la Terre.

Pour ce qui concerne la **banque des données du sous-sol**, les révisions ont conduit à une remise en question de la structure, du contenu et des finalités du service. La réorganisation proposée vise à une plus grande ouverture vers les utilisateurs avec une approche concrète des problèmes de décentralisation et la majeure partie de l'activité recherche a été consacrée à la conception de cette réorganisation.

Parallèlement, la collecte et l'instruction de dossiers ont été poursuivies avec une nette augmentation des dossiers reçus des régions.

Des développements sont intervenus dans l'utilisation de la micro-informatique : le logiciel Microfact, mis au point dans le cadre de travaux à l'étranger, est maintenant un outil performant pour le traitement de données factuelles variées.

Une révision et une actualisation du fichier gîtes minéraux existant à la banque ont été menées à bien, portant le stock documentaire à 12 500 gîtes.

Dans le domaine des **données bibliographiques**, ont été redéfinis, à l'initiative de notre partenaire, le C.N.R.S., les objectifs de la base multi-disciplinaire PASCAL en tenant compte des aléas de la coopération avec l'American Geological Institute et nos partenaires européens. Cette redéfinition conduit à recentrer la base GEODE sur des thèmes et secteurs géographiques serrant de plus près l'activité française en général, du B.R.G.M. en particulier (France, pays méditerranéens, Afrique, Moyen-Orient) ; c'est dans ce sens que va également le couplage d'une base de données spécifiques avec la revue de presse d'économie minière.

La priorité accordée au renforcement du stock documentaire du Bureau sur le territoire national a été accompagnée d'une réflexion sur un meilleur accès aux informations factuelles contenues dans la littérature géologique. Cette réflexion a conduit à envisager la reprise du fichier « Géologie de la France » riche de 80 000 références remontant à 1755.

Diffusion et valorisation des connaissances, coopération internationale

Éditions scientifiques et techniques du B.R.G.M.

Support privilégié de la diffusion des connaissances et de la communication scientifique, les éditions sont, pour un organisme de l'importance du B.R.G.M., indissociables de ses activités de recherche, de service public et même industrielles. Mais elles participent aussi à l'échange d'idées, notamment dans le monde francophone, et à l'évolution des sciences de la Terre.

Depuis 1979, les **éditions B.R.G.M.** ont doublé leur nombre de pages et plusieurs collections nouvelles ont été créées. Toutefois, après la nette augmentation de 1982 sur 1981 (10 000 pages contre 5 000), le nombre de pages publiées en 1983 a décru de 10 % par rapport à 1982.

Un nouveau périodique est apparu en 1983 : **« Géothermie actualités »**, publié en coédition avec l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (A.F.M.E.).

La Chronique de la recherche minière regroupe désormais l'ancienne revue, publiée sous le même titre, et le Bulletin B.R.G.M., section II, géologie des gîtes minéraux.

Géochronique, lancée en 1982, a poursuivi sa carrière et a largement accru son audience nationale et même internationale.

Cinq ouvrages sont sortis dans la série des Mémoires, trois dans celle « Manuels et méthodes » et treize sous la forme de « Documents ».

On relèvera aussi trois publications dans la nouvelle ligne d'édition « Géologie pour tous ».

Si la quasi-totalité des publications du Bureau est diffusée en langue française, certains ouvrages importants sont publiés en anglais après traduction. En 1983, a été publié « Where are the metals for the future ? » de P. Routhier.

Enfin, le « Livre vert » a, en 1983, été présenté en deux fascicules, un premier exposant de façon résumée l'ensemble des résultats scientifiques 1982, thème par thème, et un autre donnant, comme le veut désormais une tradition bien établie, des résumés scientifiques et techniques (environ 180).

Il faut également rappeler que l'équilibre entre la diffusion des éditions du Bureau en France et à l'étranger est satisfaisant puisque 75 % des périodiques et des documents vont hors de France.

Publications scientifiques des agents du B.R.G.M.

Les publications, c'est-à-dire les articles dans les revues, les livres ou les monographies, les communications publiées aux congrès, sortent au rythme moyen de 180-200 par an. Ce flux concerne, d'une part des écrits que l'on peut qualifier de purement scientifique et, d'autre part ceux qui sont des contributions techniques, celles-ci étant d'ailleurs plus nombreuses que ceux-là.

Coopération internationale

Le B.R.G.M. a choisi de privilégier les opérations thématiques à carrière multidisciplinaire. Dans cette optique, les lignes directrices ont été :

— le développement des échanges scientifiques avec les pays techniquement développés ;

— l'accentuation de la présence du B.R.G.M. dans le domaine de la recherche-formation au Maghreb ;

— la poursuite de son action vis-à-vis de l'Amérique latine ;

— la diversification en Afrique vers l'Afrique australe.

Il faut également relever l'effort entrepris pour asseoir la collaboration du B.R.G.M. avec les services géologiques européens qui est susceptible de déboucher, si la conjoncture est favorable, sur un type nouveau d'importantes initiatives de rapprochement.

Matières premières minérales

Sulfures polymétalliques, hydrothermalisme sous-marin actuel et récent

Deux sous-thèmes majeurs sont évoqués :

— les minéralisations sulfurées volcanosédimentaires dont l'intérêt réside dans leur caractère polymétallique, la grande taille possible de certains amas ;

— les mécanismes de l'hydrothermalisme sous-marin récent et actuel observables maintenant en plusieurs points et dont le caractère de modèle n'est plus à souligner.

Minéralisations sulfurées volcanosédimentaires

• *Étude de séries anciennes en France*

Une part importante des efforts consentis sur le plan méthodologique a porté sur le décryptage de la signature volcanosédimentaire des séries porteuses lorsque métamorphisme et tectonique masquent en partie leurs traits caractéristiques et donc sur le recentrage des minéralisations dans leur environnement général, géodynamique, structural, sédimentaire et volcanique.

En France, les travaux ont porté sur :

— le **bassin de Châteaulin** où a pu être mis en évidence le contrôle purement sédimentaire, dans un milieu évaporitique, d'une minéralisation BPG faible et remobilisée dans des fractures et donc sans relation directe avec un épisode volcanique ;

— le sillon (ou synclinal) de **Saint-Georges-sur-Loire** où ont été confirmées les relations de la minéralisation volcanosédimentaire avec un seul niveau et la localisation du linéament générateur du volcanisme (voir thème géodynamique) ;

— la reprise des études sur les minéralisations exhalatives du Paléozoïque des **Pyrénées centrales** pour parvenir à une synthèse en dégageant certains paramètres nouveaux (piégeage, remobilisations des minéralisations...) ;

— les importantes données acquises sur l'**Est du Massif central** qui ont été rassemblées dans une synthèse portant sur le faisceau du Morvan (Chizeuil), celui de la Loire, celui de la Brévenne (Chessy, Saint-Bel) et détaillant les épisodes volcaniques (à tendance tholéïtique) et hydrothermaux contrôlant les minéralisations et les altérant profondément ;

— une nouvelle recherche tendant à une caractérisation de séries antémésozoïques volcanosédimentaires du nord du Massif central où elles sont encore mal appréhendées. Dans le même esprit, l'analyse de nombreuses séries décrites comme schistes ou gneiss a été reprise, l'expérience montrant que les caractères volcanosédimentaires avaient pu échapper souvent aux cartographes ; **le Limousin** a été choisi pour cette analyse.

• *Travaux à l'étranger*

Pour la ceinture pyriteuse du **Sud du Portugal et de l'Espagne**, le fait marquant, en 1983, est la publication de la synthèse « Cadre géologique des minéralisations de Neves Corvo » qui replace cette importante découverte dans son environnement structural et paléogéographique.

Sur le **socle arabo-nubien**, de nombreuses études ont été menées dans un cadre contractuel avec l'intervention des spécialistes de la recherche. Elles mettent en valeur les caractéristiques communes et les différences des gisements reconnus et répartis sur une vaste ceinture volcanosédimentaire de part et d'autre de la mer Rouge. .

Hydrothermalisme sous-marin récent et actuel

L'examen des phénomènes hydrothermaux sous-marins récents et actuels a été poursuivi sur deux secteurs :

— la **mer Rouge** où des études sur le matériel carotté dans la fosse Atlantis II a permis de préciser l'âge du début du phénomène minéralisateur, de reconnaître une paragenèse sulfurée de haute température (> 350°). Le B.R.G.M. a également participé à la découverte d'une nouvelle fosse à saumures, la fosse Jean Charcot, située dans le Nord de la mer Rouge ;

— la **ride est-Pacifique** où les compétences minéralogiques du Bureau ont été pleinement mises à profit pour l'étude des échantillons provenant de 21 °N et des Galapagos, compétences largement appréciées à l'étranger, aux U.S.A. notamment. Des publications scientifiques détaillées ont fait connaître les résultats obtenus.

Par ailleurs, des comparaisons ont été établies avec des **gisements anciens** ; à Chypre, il a pu être montré qu'il subsiste des structures (cheminées) témoignant d'une même origine que celles qui ont pu être vues en action sur la ride est-Pacifique.

Minéralisations liées aux granitoïdes. Hydrothermalisme continental

Trois sous-thèmes peuvent être distingués :

— gisements et méthodologie de la prospection de l'or ;
— filons hydrothermaux ;
— gîtologie et métallogénie des gîtes de départ acide.

Gîtologie de l'or

Dans le domaine de la gîtologie de l'or, qui est celui où les travaux les plus importants ont été réalisés, des études ont porté sur la mine de Salsigne et sur les nombreux prospects suivis par le Bureau en Arabie, en Afrique, en Guyane. La gîtologie de l'or n'étant pas unique mais aussi diverse, pratiquement, que les gisements reconnus, la recherche a dû porter sur un grand nombre de types d'occurrences. La caractérisation des **porteurs primaires de la minéralisation**, l'analyse fine de la répartition réelle du minerai d'or doivent permettre d'aborder la définition de faciès favorables à la recherche de parties économiquement exploitables des gisements. A Salsigne, les applications de cette approche combinant gîtologie, pétrologie, géochimie et géostatistique ont permis d'appuyer un programme de développement minier sélectif.

Les liaisons de l'or avec les granitoïdes ou d'autres roches porteuses et de l'or avec d'autres métaux accompagnateurs ont été abordées. Les liens existants entre Au et **roches basiques** ont été démontrés d'abord au Châtelet (Creuse) puis sur d'autres gisements français et en Afrique de l'Ouest. Les ultrabasites constitueraient la source de l'or, les granites intervenant comme moteurs de la concentration hydrothermale filonienne.

Les modalités de remobilisation endogène, de libération et de **dispersion supergène de l'or à partir des gîtes primaires** ont été examinées, de même que l'emploi des inclusions fluides comme traceurs éventuels des minéralisations aurifères.

Filons hydrothermaux de basse température

Les travaux sur les filons hydrothermaux de basse température (BT), essentiellement supportés par des thèses ont porté sur les Vosges (filons de fluorine blanche), le Morvan (filons et karsts à fluorine d'Argentolle), les Cévennes (Pb-Ag de Pourcarès), le Rouergue (Pb-F du Kaymar, Ba de Colombiès), la Bretagne (Pb-Ag de la Telhaie), le Maroc central (F de El-Hammam), les Maures-Estérel (F-Ba de Maurevieille). On note la prise de relai amorcée dès 1982 des études des districts F-Ba par celles des districts Pb-Zn-Ag, la synthèse sur les filons F-Ba des Hercynides devant intervenir courant 84. Parallèlement, des outils d'aide précoce au diagnostic ont été développés : d'une part les altérations hydrothermales (phyllites potassiques), d'autre part les terres rares (TR) dans les fluorines. Le dosage des TR non sensibles à l'altération et correspondant à différents types de solution hydrothermale, permet de reconnaître de manière précoce, la nature des minéralisations prospectées et de les comparer à des modèles connus.

Gîtes de départ acide

Les gîtes de départ acide ont été abordés sous l'angle pétrologique et géochimique (action concertée VRSS) dans le domaine mancellien cadomien et les granitoïdes hercyniens du Massif central et du Massif armoricain. Profitant encore de l'exploitation de la minéralisation Sn-W et Au de Montbelleux, une étude du stockwerk a été engagée en vue de préciser les relations entre minéralisations exploitées hors du granite et à l'intérieur de celui-ci.

Minéralisations liées aux roches basiques et ultra-basiques

Ce thème vise à développer les connaissances métallogéniques et gîtologiques des grands complexes de roches basiques et ultra-basiques. Une évolution des objectifs a conduit à un resserrement des activités autour d'une spécialisation sur les **chromitites** soit **dans les grands complexes ophiolitiques** soit dans les complexes stratifiés. L'association des **platinoïdes** aux chromites, le cours élevé de ces métaux donnent une nouvelle orientation aux travaux du Groupement d'intérêt scientifique (G.I.S.) C.N.R.S./B.R.G.M. qui assure l'essentiel des études dans ces divers domaines.

En 1983, le G.I.S. a travaillé sur les actions suivantes et publié une dizaine d'articles à leur sujet :

— synthèse des travaux sur la genèse des gisements de chromite ; les chromites, quel que soit le type de complexe B-UB où elles apparaissent, ne sont pas issues d'une simple cristallisation fractionnée ; l'intervention d'une phase fluide réductrice est mise en évidence ; on en déduit un modèle génétique basé sur l'apparition de ce fluide réducteur et son interaction avec le bain magmatique ;

— conditions de concentration des platinoïdes dans les chromites : découverte de platinoïdes minéralogiquement exprimés dans plusieurs concentrations de chromite de l'ophiolite du Vourinos (Grèce) ; l'étude théorique suit par ailleurs son cours. Le Bushveld et le gisement de Tiébaghi ont été échantillonnés ;

— cadre structural et évolution magmatique des ophiolites ; cette étude, plus générale, portant sur les complexes périméditerranéens, aboutit à une classification structurale des complexes ;

— ophiolites de Chypre, d'Arabie, d'Oman et de Grèce ; une attention particulière est portée à ces complexes sur lesquels travaillent des équipes B.R.G.M., de manière à apporter à celles-ci le soutien scientifique indispensable. L'accent est surtout mis sur la complexité structurale des ophiolites et ses conséquences pour l'exploration des gisements chromifères et sulfurés ;

— études cristallochimiques et expérimentales concernant les thèmes précédents parmi lesquelles on relèvera :

• l'étude de la diffusion des éléments entre olivine et spinelle ; elle permet de proposer un nouveau géothermomètre basé sur les coefficients de partage de Mg et Fe entre ces deux types de minéraux ;

• la poursuite des études cristallochimiques sur les spinelles ;

• l'étude isotopique des inclusions fluides dans les chromitites qui démontre l'origine magmatique tant des chromites que de la phase fluide ambiante.

Enfin, sera prochainement mise au point la chaîne de dosage des platinoïdes de très faibles concentrations (ppb) par activation neutronique et protonique des échantillons sur le cyclotron d'Orléans. La possibilité d'effectuer à Orléans même des analyses de platinoïdes fiables en routine est en effet indispensable au soutien efficace des actions du G.I.S. Elle intéresse le B.R.G.M. et conditionne la remise en route éventuelle d'explorations pour ces éléments.

Un travail important a été mené en Oman sur les grands complexes ophiolitiques de ce pays. Une stratigraphie nouvelle et détaillée a pu être établie et servira d'une part à des recherches de base et d'autre part de terrain privilégié pour l'examen de la métallogénie des concentrations minérales qui y sont observables.

Gîtes de couverture, phosphates

Gîtes de couverture

• Bordure cévenole

Une partie importante des travaux de ce thème — individualisé pour la première fois en 1983 — a porté sur la recherche d'indicateurs pétrographiques et géochimiques des gîtes cachés en prenant la bordure sous-cévenole comme terrain de jeu sur un financement de la Commission des Communautés européennes (voir aussi thème diagenèse).

Le grand nombre de travaux menés dans ce secteur depuis longtemps et par un large éventail de chercheurs, sans combler toutes les lacunes de nos connaissances, permettait néanmoins, fin 1982, d'avoir de bonnes idées sur les règles de répartition des minéralisations à l'échelle régionale, concentrées là où se superposent une fracturation, une diagenèse et des gradients thermiques forts, signes indéniables d'**influences hydrothermales.** La recherche de ces signes a fait l'objet des études en 1983, études s'attachant aussi à les replacer dans un cadre géostructural aussi précis que possible.

— Signalons les recherches sur les grès de base du Trias du **bassin Nord-Alès** où la mise en évidence du diachronisme des dépôts du Trias inférieur et moyen et l'examen des phases diagénétiques permettent d'orienter la recherche minière ;

• Autres secteurs

D'autres terrains de jeu ont été étudiés :

— la **chaîne des horsts** du Maroc où ont été lancées des explorations préliminaires ;

— la poursuite de cette chaîne en Algérie où une hypothèse génétique nouvelle et contradictoire avec celle admise jusqu'ici a été avancée ;

— la **zone des Dômes** en Tunisie, où des travaux de détail, pluridisciplinaires, ont montré l'importance des facteurs tectoniques synsédimentaires et de la dynamique diapirique dans les séries anté-cénomaniennes ;

— l'environnement de l'ancienne mine de Jebali, au **Nord Yémen ;**

— les minerais de fer nigérians où il a pu être montré que la qualité des minerais était davantage en relation avec leur mode de dépôt (deltaïque) qu'avec leur état diagénétique.

Une thèse d'état a été soutenue début 1984 sur le Permien du **dôme de Barrot** dont l'objectif était d'établir un modèle génétique des minéralisations, essentiellement cuprifères, rencontrées dans ces séries argilo-gréseuses monotones, modèle basé sur des paramètres sédimentologiques et structuraux.

Phosphates

Une thèse sur la nature, l'évolution, le rôle du contenu organique des sédiments phosphatés a été soutenue en 1983. Une autre a porté sur la typologie et la caractérisation physico-chimique des particules phosphatées.

Différents bassins à phosphates ont été étudiés en Afrique : Guinée-Bissau, Mauritanie. Enfin, a été poursuivie l'étude de la caractérisation des particules phosphatées et de leurs liens avec des propriétés industrielles et/ou de traitement.

Autres travaux

On rappellera que les travaux de reconnaissance du **potentiel charbonnier** français (Nièvre, lignites des Landes) ont fait très largement appel aux connaissances et techniques sédimentologiques et stratigraphiques (voir thème combustibles solides).

Le vaste programme de **cartographie** des séries sédimentaires en Arabie et en Oman doit être cité ; il a permis de dégager des connaissances nouvelles pour ce qui concerne l'histoire géologique et sédimentaire, du Trias au Crétacé, de la péninsule arabe. En Oman, des observations tout à fait intéressantes ont été faites sur le lien existant entre séries volcaniques et sédimentaires (voir thème appui à la cartographie géologique).

Cet ensemble de travaux doit permettre de présenter en 84-85 pas moins de sept thèses d'État dans lesquelles la part des recherches sédimentologiques sera importante et prépondérante pour quatre d'entre elles.

Matériaux

Les matériaux ont un impact important sur la vie économique régionale ; un approvisionnement correspondant aux besoins est donc nécessaire ; il doit aussi permettre de réduire certaines importations grèvant la balance commerciale.

On peut distinguer des études générales menées au niveau central, d'études régionales, ponctuelles et très appliquées.

Au niveau central, il faut rappeler l'existence d'une importante **cellule de documentation** dont l'utilité et la qualité sont démontrées par les demandes nombreuses qu'elle satisfait à l'extérieur du B.R.G.M. en direction de la profession.

L'activité méthodologique 1983 a été orientée vers les trois domaines suivants :

— prospection et identification des **argiles nobles** (bentonites et argiles fibreuses du SE de la France, bentonites du Massif central, attapulgites de Bretagne, vermiculites ; des résultats, suscitant l'intérêt de la profession, ont été obtenus ;

— développement et améliorations des **techniques d'exploitation** de roches ornementales axés sur des projets de fracturation guidée et de tirs en carrière ;

— **valorisation des matériaux découverts**, notamment les argiles nobles et les matériaux calcaires pour bétons hydrauliques (en collaboration avec le Laboratoire central des ponts et chaussées) ; les résultats obtenus sont probants.

Il faut encore citer les recherches de pouzzolane à la Réunion, de roches massives susceptibles de fournir des granulats dans diverses régions, sur les possibilités de relance de l'industrie ardoisière, de tourbes (quatre gisements découverts sur le plateau de l'Aubrac), des amendements pour l'agriculture, de divers matériaux à usage industriel (dolomie pulvérulente, fondants magnésiens).

Aménagement et gestion de l'espace souterrain

Eau

Hydrologie des milieux fissurés

Ce programme comporte des aspects méthodologiques, application de la télédétection et de la géophysique à l'investigation du milieu, modélisation couplée hydrothermomécanique, ainsi que des aspects d'application et de développement (recherche et équipement de sites expérimentaux et étude de cas à Chypre et aux Antilles).

• *Applications de la télédétection*

• En ce qui concerne la télédétection (voir ce thème) appliquée à la prospection hydrogéologique, un type de composition d'images colorées a été mis au point et testé avec succès dans des cas « idéaux », c'est-à-dire en zone de socle caractérisée par l'absence de sol et de couvert végétal, et sous climat aride afin de déceler des traces d'humidité bien localisées. Le domaine d'application a été choisi dans le bouclier d'Arabie. Cette méthode est désormais intégrée au programme de réalisation des cartes hydrogéologiques d'orientation. Elle est couplée à l'utilisation des « images dérivées » pour la prospection des fractures de socle.

Un second test est en cours au Niger dans la région équipée dans le cadre de l'opération « 1 000 forages ».

• *Applications des méthodes géophysiques*

• La nécessité de disposer d'une **zone pilote** située à distance raisonnable et susceptible de fournir un terrain d'essai à des fins multiples a conduit à sélectionner, à rendre disponible et à équiper un périmètre de 2 500 m² à Broualan (Ile-et-Vilaine). Ce périmètre est en cours d'équipement : sept forages sont disponibles, depuis janvier 84, à des profondeurs variant de 2 à 80 m.

• Des méthodes électromagnétiques (VLF et Max-min) et des méthodes électriques (traîné et sondage électrique) ont été utilisées de manière comparative sur une zone restreinte d'affleurement du granite de Bonnemain : chaque méthode a des avantages spécifiques, et le VLF, en particulier, s'avère tout à fait adapté à la reconnaissance des discontinuités du socle si le recouvrement est modéré.

Évaluation des écoulements

• Un logiciel couplé MHT (mécanique - hydraulique - thermique) destiné à l'**évaluation des écoulements dans un milieu fissuré** dont la perméabilité varie avec l'état des contraintes mécaniques et thermiques, est progressivement mis au point par étapes de difficulté croissante. En 1983, une première chaîne exécutable en mode interactif, a été mise au point sur VAX à partir de logiciels qui ont dû être adaptés. De nouveaux programmes de liaison ont vu le jour. Dans cette première version, les calculs hydrauliques et mécaniques sont effectués en régime stabilisé (régime thermique permanent ou transitoire) ; le milieu fissuré est assimilé au milieu poreux équivalent. La cohérence de la chaîne a été testée sur un jeu d'essai.

• *Autres études*

Au titre de la coopération scientifique franco-chypriote, une expertise sur la productivité des ouvrages réalisés dans le **massif ophiolithique du Troodos** a conduit à des résultats très significatifs : en particulier le rôle de la morphologie, de la lithologie et de la structure des zones prospectées a été bien cerné. Une opération traitant du bilan du petit massif ophiolithique de Stavrovouni a été lancée sur le même mode de collaboration.

L'étude du mécanisme des **éruptions phréatiques de la Soufrière** et de la Montagne Pelée a fait l'objet d'une thèse à soutenir en 1984. Les mécanismes, très distincts sur les deux volcans, sont fonction du devenir du flux de chaleur émis par les corps chauds au cœur de chaque édifice volcanique. La structure en dôme provoque une accumulation lente de cette chaleur à la Soufrière, où elle se libère de façon explosive. Elle s'évacue mieux et plus régulièrement à la Montagne Pelée.

Informatisation - modélisation

Pour l'informatisation et la modélisation (voir aussi ce thème), l'accent a été mis sur l'élaboration de logiciels assistés par une introduction interactive des données et la connexion des logiciels à des sorties graphiques des résultats. On a notamment adapté la chaîne de logiciels Fiesta (traitements statistiques et graphiques) à l'hydrogéologie et à l'hydrochimie.

• Une chaîne de traitement des données recueillies lors

des **campagnes d'hydraulique villageoise**, depuis l'acquisition sur le terrain jusqu'au traitement informatique ultérieur en France ou à la base, a été mise au point. La chaîne assure l'archivage, la vérification et l'édition des données à partir d'un matériel portable, d'une grande fiabilité même dans des conditions d'utilisation difficiles ; elle est destinée à être un outil de terrain aussi indispensable que le marteau et le carnet.

Des programmes de simulation par éléments finis, utilisant les possibilités récentes de cette technique, et mis au point pour la simulation des transferts (solutés, chaleur...) ont été adaptés à la simulation des écoulements, et à l'étude de l'évolution des pressions au voisinage d'un forage incomplet soumis à un pompage d'essai.

• L'extension des modèles hydrologiques globaux à la **simulation de grands bassins** (plus de 10 000 km²) a été étudiée en 1983. L'application au bassin de la Moselle française et ses sous-bassins a mis en évidence un accroissement appréciable de la précision en passant d'un pas mensuel à un découpage pentadaire (5 jours) ; La poursuite de ces travaux portera sur la recherche de relations entre les paramètres globaux du modèle et les caractéristiques physiographiques des bassins versants : on pourrait alors appliquer ces modèles à des bassins n'ayant pas fait l'objet de jaugeages périodiques.

Eaux thermo-minérales

Le Bureau a mis en place, en 1983, un centre d'étude des eaux thermominérales à Clermont-Ferrand. Le centre doit accompagner l'élan de modernisation des équipements existants en assurant la bonne connaissance de la ressource qui fait encore cruellement défaut dans la plupart des cas pour favoriser toute démarche nouvelle de développement de ce secteur d'activité. L'étude de la centaine de sources françaises peut être ramenée à celle de cinq familles majeures tenant compte de la nature des roches traversées (socle, roche sédimentaire) et du chimisme dominant des fluides (sulfureux, carbo-gazeux, chloruré). En 1983, à la suite de nombreux contrôles, des travaux ont avancés sur quelques sites-pilotes correspondant à certaines de ces familles, Ledon, Balaruc, Dax...

Hydrogéochimie et qualité des eaux souterraines

Ce thème vise à rassembler les études portant sur les mécanismes contribuant à donner aux eaux souterraines leurs caractéristiques chimiques du fait de leur interaction avec les roches et les sols qu'elles traversent au cours de cycles géologiques d'une part et sur les pollutions d'autre part.

Interactions eau-roche en milieu hydrothermal

Les interactions eau-roche en milieu hydrothermal (applications à la géothermie, aux ressources en eaux thermominérales...) avaient fait l'objet, avant 1983, d'études originales sur le terrain portant sur des eaux géothermales variées ; elles avaient permis d'élaborer des modèles de comportement des éléments traces et des métaux alcalins, utiles pour la prospection.

En 1983, ce sont des études expérimentales qui ont été menées à bien grâce à un **prototype de percolateur à haute pression et haute température**. Des simulations ont aussi été effectuées, avec un programme informatisé, sur les transferts de masse. Ont été aussi examinés : le colmatage des fissures en milieu granitique par divers minéraux à l'occasion de la circulation des fluides (application au stockage des déchets radioactifs) ; le colmatage de grès lors de la réinjection de fluide géothermal (application à la géothermie basse énergie dans les réservoirs gréso-argileux du Trias ; *voir* thème énergies nouvelles).

Phénomènes d'échange dans la zone non saturée

Zone tampon entre les eaux de précipitation, de ruissellement et d'épandage et les eaux de nappes, la zone non saturée est le siège de phénomènes hydrochimiques importants. Une étude des interactions entre anions (nitrates, sulfates et chlorures) a été réalisée sur des colonnes de sols du département du Nord. Ainsi a pu être démontrée l'importance toute particulière, en ce qui concerne les anions, de la charge électrique du sol.

Au niveau des barrières géochimiques pouvant se manifester dans la zone non saturée, une synthèse des connaissances actuelles et des méthodes d'étude (rétention et migration des éléments traces) a été réalisée.

Influence des précipitations sur le chimisme des eaux souterraines

Des travaux ont cherché à identifier l'**influence de la composition chimique des eaux de pluie sur le chimisme des eaux souterraines.**

Deux études marquantes ont trait à ce thème :

— étude de l'incidence des rejets atmosphériques du complexe industriel de Grandpuits (Seine-et-Marne) sur le chimisme des eaux de pluie et des eaux souterraines (contrat C.C.E.) ;

— étude de la pollution des sols et de la nappe de craie à proximité de deux sites miniers.

Les deux exemples étudiés montrent une influence certaine des rejets atmosphériques sur le chimisme des eaux de pluie et de nappe. La première étude indique une minéralisation accrue en azote et surtout en sulfate (le complexe industriel est constitué d'une raffinerie et d'une usine de production d'engrais). La deuxième étude met en évidence une contamination en plomb et arsenic des ouvrages d'eau situés à proximité des deux sites miniers.

Prévision et prévention des pollutions des eaux souterraines

Une importante activité a eu pour cadre la prévision et la prévention de la pollution de l'eau souterraine (programme dit 3P), axée principalement sur les problèmes relatifs à la contamination des nappes par les nitrates, orientation expressément souhaitée par le secrétariat d'État à l'environnement.

• *Contamination des aquifères captifs*

L'objet d'une partie des recherches sur l'origine et le devenir des composés azotés de certains aquifères captifs est de déterminer s'il existe une possibilité de contamination de ceux-ci par les nitrates. Par suite de pompages importants effectués en zone captive, une contamination provenant des nappes libres supérieures ou adjacentes peut s'effectuer par suite de l'accélération de la drainance ou des transferts latéraux.

Une synthèse des données existantes, ainsi qu'une campagne de prélèvements ont été réalisées pour diverses situations hydrogéologiques. Les résultats obtenus sur le bassin d'Orchies (craie du Nord de la France) et le secteur de Nangis (calcaire de Champigny en Ile-de-France) apportent des éléments intéressants, bien qu'apparemment contradictoires.

Sur le même thème, a été installée en craie de Champagne, une batterie de systèmes de prélèvements (bougies poreuses) de part et d'autre de l'interface zone non saturée - zone saturée afin d'étudier la manière dont un flux d'azote se répartit dans l'aquifère. 1983 a été consacrée à la mise en place de l'équipement, les observations devant se faire en 1984.

Prospection hydrogéochimique

L'hydrogéochimie a des **applications** importantes **en prospection minière** ; dans le but de développer une méthodologie de prospection hydrogéochimique, diverses campagnes d'essais en environnements variés ont été réalisées ; les analyses ont fait l'objet de plusieurs essais comparatifs. Des travaux en cours, plus approfondis encore, se proposent d'identifier les phénomènes chimiques contrôlant la dispersion de l'indicateur géochimique Zn. Enfin, a été lancée une étude expérimentale et théorique du passage en solution des minénaux sulfurés dans des conditions se rapprochant le plus possible des milieux naturels.

Acquisition des données

Au plan méthodologique, une partie de l'activité a été consacrée à la mise au point, au développement et à l'amélioration de techniques nécessaires à l'acquisition des données hydrogéochimiques ; les travaux ont essentiellement porté :

— sur une **cellule de mesure** (eh, pH) des eaux à température et atmosphère contrôlées (utilisée pour suivre l'oxygénation et la précipitation de Fe dans une eau thermale) ;

— sur les méthodes de **préconcentrations des infratraces** aux fins d'analyse par plasma inductif.

• *Modélisation, informatisation*

Un modèle global de simulation de transfert de nitrates dans un bassin versant a été mis au point. Le modèle permet de simuler en continu l'évolution des concentrations en nitrates à l'exutoire d'un bassin versant hydrologique ou dans un piézomètre du bassin. C'est un **modèle global** qui effectue un bilan (au pas de temps journalier, pentadaire, décadaire ou mensuel) entre les quantités de nitrates apportées (par épandage et par minéralisation du sol), consommées (par les plantes) et infiltrées (par les pluies efficaces). Les données nécessaires au modèle sont réduites au minimum. Elles sont constituées par :

— les pluies et l'évapotranspiration potentielle ;

— les données d'épandage d'engrais, de consommation des plantes et de minéralisation sur le bassin versant étudié.

Ce modèle a été appliqué à un ensemble de sources près de Rembercourt (Meuse) et son application doit être étendue en 1984 à d'autres cas de figures.

• *Décontamination des aquifères*

Avec pour objectif la décontamination des aquifères, une opération a eu pour but de tenter de mettre au point un système de **dénitrification provoquée** des eaux pour de petites unités de distribution (**Ç** à 1 000 m^3/j) en vue de la potabilisation.

Le principe du procédé proposé (breveté) repose sur la dénitrification biologique hétérotrophique sur un sol artificiel enrichi en carbone organique. Les bactéries de type anaérobie utilisent le carbone assimilable apporté par le composé organique et l'oxygène des nitrates pour transformer cet ion en azote (ou oxyde d'azote).

Cette opération s'effectue avec la collaboration de l'École de chimie de Rennes spécialisée en « génie de l'environnement ». Différents mélanges dénitrifiants ont été expérimentés en laboratoire ainsi que les conditions nécessaires pour optimiser le rendement, notamment en ce qui concerne les vitesses de percolation de l'eau.

• *Processus de transfert*

Enfin, des études ont été réalisées localement sur les processus de transfert des nitrates dans les nappes du sous-sol à partir du stock localisé dans la zone non-saturée (essentiellement d'origine agricole).

Les résultats obtenus sur des nouveaux sondages complètent utilement les données actuellement disponibles. A noter que l'un des sondages effectué en Haute-Normandie a une profondeur d'environ 70 m et que c'est à notre connaissance la première fois qu'un profil nitrates est établi sur une telle hauteur. D'autre part, le type de milieu expérimenté est nouveau par rapport à ceux utilisés précédemment : il s'agit d'un milieu hétérogène constitué de craie et de bancs d'argiles à silex. On constate, contrairement aux précédents profils que le stock d'azote dans le sous-sol n'est pas composé exclusivement de nitrates, mais également d'une part non négligeable d'azote ammoniacal peu mobile et piégé au niveau des argiles.

• *Stratification du chimisme des eaux*

Une étude de la stratification du chimisme des eaux souterraines avait pour objet d'étudier les possibilités offertes par la stratification verticale (si elle existe) du chimisme des eaux souterraines pour capter des eaux de bonne qualité soit par approfondissement des ouvrages, soit par pompage sélectif de certains niveaux.

Une étude bibliographique des travaux menés sur ce sujet tant en France qu'à l'étranger a été réalisée. Les résultats obtenus montrent que lorsque l'on observe des variations significatives de teneurs suivant la profondeur, ceci est dû essentiellement à l'hétérogénéité du réservoir (exemple : intercalation de couches moins perméables).

Sur un réservoir aquifère considéré comme homogène (craie de Champagne) des séries de prélèvements ont été réalisées par la technique du double pompage afin d'étudier la variation des concentrations en nitrates en fonction de la profondeur. Ces expérimentations ont porté sur une vingtaine d'ouvrages. Les résultats obtenus sont en cours d'interprétation.

Environnement

Neutralisation des sites d'enfouissement superficiel de déchets urbains et industriels

Dans le domaine de l'environnement, des travaux importants ont été réalisés sur une méthodologie de neutralisation des sites d'enfouissement superficiel de déchets urbains et industriels (boues, ordures, hydrocarbures...) ; des essais *in situ* ont été poursuivis ou lancés sur des sites semi-perméables. Des recherches sur la mise au point d'un appareil de **mesure des très faibles perméabilités** ont continué sur des sites de décharges industrielles : le système « doubles anneaux améliorés » avec compteur Telemac semble désormais au point pour mesurer des perméabilités de 10^{-9}.

Le comportement d'**ordures ménagères et de boues industrielles** mises en décharge conjointement a été examiné pour évaluer les possibilités d'absorption des secondes par les premières.

Une étude méthodologique, appliquée au département d'Indre-et-Loire a eu pour objectif (à atteindre en 1984) d'établir une cartographie des sols favorables à un **assainissement individuel** compte tenu des critères de perméabilité et d'épuration du sol et des contraintes de protection des eaux souterraines.

Études d'impact

De nombreuses études d'impact (chantiers géothermie basse énergie, microcentrales hydroélectriques, mines et carrières, en particulier mine de Saint-Salvy, tourbières, décharges d'ordures en milieu urbain, stockage d'hydrocarbures) ont permis d'asseoir l'expérience de la mission environnement sur des milieux très divers sur lesquels des travaux fondamentaux ont pu être menés : par exemple, une approche théorique de l'échantillonnage des déchets a été entreprise, suivie d'une application à 2 sites industriels, menée en collaboration avec divers spécialistes extérieurs. Les résultats permettent d'introduire dans le mode de traitement des déchets une marche à suivre méthodique et scientifique et de faire la part entre les cas pouvant être correctement échantillonnées et ceux ne pouvant être soumis qu'à un contrôle arbitraire.

Valorisation et recyclage des déchets

Le sous-thème valorisation et recyclage des déchets a vu un premier bilan des expériences industrielles du procédé Revalord à Nancy et dans l'Entre-deux-Mer et une recherche d'innovations techniques sur les chaînes de tri.

Une voie relativement nouvelle a été explorée pour des expériences de réutilisations des déchets miniers en France.

Poussières industrielles

Des travaux sur les poussières industrielles (pollutions atmosphériques) ont été poursuivis.

Enfouissement profond des déchets

Si les travaux ont porté sur des formations géologiques très diverses, les granites ont néanmoins fait l'objet des plus nombreuses études.

Étude du milieu naturel profond

Une étude sur la fracturation profonde a vu sa première phase achevée en 1983 (appui du Commissariat à l'énergie atomique et de la Commission des communautés européennes). Les deux voies utilisées convergent pour montrer qu'en dehors de la zone relativement peu épaisse affectée par la décompression de surface, **les orientations et les densités de petites fractures ne varient pas de façon significative avec la profondeur**. Une deuxième phase a été lancée qui a pour ambition d'étudier la distribution de la fracturation dans les trois dimensions à l'aide de la géostatistique.

Le comportement géomécanique des **argiles profondes** a été examiné dès 1983 soit sur forages profonds soit dans la galerie expérimentale de Mol en Belgique (Centre d'études nucléaires belge) ; ce domaine, nouveau, s'est avéré d'une approche difficile.

Poursuivant l'examen de l'effet d'échelle en milieu fissuré (appui du Commissariat à l'énergie atomique et de la Commission des communautés européennes), les études du site de Fanay-Augères ont été développées en 1983 jusqu'à l'achèvement de la phase préliminaire qui a vérifié l'aptitude du tronçon de galerie choisi à subir les expériences projetées sur les **perméabilités aux différentes échelles** du granite fracturé.

Étude des phénomènes induits par les stockages

L'étude des **modèles naturels de rétention géochimique** doit permettre de tirer des enseignements de l'altération des gisements minéraux applicables au comportement géochimique des enfouissements de déchets radioactifs. Les premiers travaux, essentiellement bibliographiques, se sont intéressés aux Terres Rares, mais aussi à Sr, Zr, Nb, Cs et Ru. Un site a été retenu pour des travaux de détail en 1984.

Une autre approche, celle de l'étude de la **précipitation de minéraux en milieu granitique** a pour objectif de préciser la nature des minéraux secondaires impliqués dans l'altération du granite à basse température et de fournir des valeurs de constantes cinétiques de dissolution des éléments constitutifs de la roche. Des expériences de lixiviation en réacteur ont été menées à bien, de même que des calculs thermodynamiques et de bilan, calculs confirmés, en partie, par des essais de percolation sur carotte fracturée.

Une étude expérimentale des **circulations induites par convection thermique** dans un massif granitique fracturé a été lancée en cours d'année sur le site expérimental de Mayet-de-Montagne. Les résultats préliminaires obtenus n'ayant pas été satisfaisants, la recherche a été interrompue.

Élaboration de méthodes, d'outils et de techniques

Des **méthodes géophysiques** ont été développées à partir des forages (voir thème « valorisation des forages ») ; il s'agit essentiellement de méthodes électriques pour une investigation pluridécamétrique à partir de l'ouvrage foré et pour lesquelles un effort de modélisation a été mené en 1983.

L'important travail réalisé dans le domaine de la **géoprospective** (aide C.C.E.) a pu être poursuivi, malgré un retard, dû à la difficulté de réaliser la synthèse des effets des différents facteurs pris en compte dans le programme de calcul. Des résultats intéressants ont continué d'être obtenus.

Une seconde phase concernant le contrôle de la méthode sur une région précise a été amorcée.

Un effort continu a porté sur la **modélisation couplée** des phénomènes hydrauliques, thermiques et mécaniques dans les roches ; des simulations ont, par exemple, été entamées sur un environnement proche d'un dépôt générateur de calories.

Fracturation naturelle et provoquée

Fracturation naturelle

• *Emploi de la télédétection*

La télédétection est un outil bien adapté à l'étude de la fracturation naturelle à petite et moyenne échelles. Divers travaux l'utilisent donc largement : le relief et la précision des détails fournis par les photographies aériennes, complétés par l'aspect synoptique et multispectral des images satellites (Landsat, H.C.M.M.) permettent, après interprétation, l'élaboration de cartes à échelle moyenne. Les cartes établies par télédétection sont confrontées aux autres données disponibles : levés de terrain, géophysique... Une seconde phase, cette fois à l'aide « d'objets étalon », complète l'approche télédétection avant la synthèse finale.

Cette méthode de travail a été appliquée à des massifs granitiques différents, sous recouvrement schisteux et en terrains sédimentaires pour la recherche de sites pour l'enfouissement de déchets. Elle l'a été également dans les études de sites « Géologie profonde de la France » (Cézallier, anomalie magnétique du Bassin de Paris).

• *Emploi des techniques géophysiques*

Les méthodes géophysiques représentent une autre voie d'approche pour l'analyse de la fracturation naturelle. Il a été développé — et amélioré — trois **méthodes électriques** : en forage ; entre forages ; forage-surface destinés à appréhender la fracturation supposée associée à des zones conductrices. Des études théoriques basées sur des modélisations ont permis de dégager des règles générales d'interprétation qui ont été testées in situ. Il semble que le B.R.G.M. soit le seul à développer une application de ces méthodes (non originales en elles-mêmes) pour l'étude des milieux fracturés.

• *Emploi de l'analyse structurale*

Sur le terrain, l'analyse structurale a été développée en l'associant de plus en plus étroitement à d'autres disciplines, mécanique des roches, géophysique, télédétection, géostatistique... Cette démarche intégrée constitue sans doute une **approche originale** qu'il faut développer encore et faire connaître. L'analyse structurale du granite de Saint-Sylvestre, suivie d'une étude documentaire portant sur quatre sites sélectionnés pour la qualité de leur étude descriptive (tunnel du Mont-Blanc, galerie Arc-Isère, forage profond d'Auriat, massif granitique de Bassiès) confirment la validité de l'hypothèse de l'indépendance des paramètres « orientation » et « densité des fractures » en fonction de la profondeur.

La géologie structurale peut également contribuer à la recherche de ressources naturelles (recherche minière, géothermie, charbons...). Ainsi, a-t-elle été utilisée pour l'étude de la fracturation des formations stratifiées de couverture dans le bassin mésozoïque d'Alès, les minéralisations étant liées à l'existence et aux jeux en distension des structures cassantes.

Différents champs filoniens (Leucamp, Enguialès, Pourcarès, détroit de Rodez) ont été analysés en détail : la chronologie des fracturations et leurs liaisons avec les venues minéralisées ont pu être décryptées. Les spécialistes structuralistes sont également intervenus à l'occasion de l'inventaire des ressources charbonnières et dans le cadre de l'appui aux houillères : une étude microtectonique en mine (Lorraine) permet d'orienter les exploitations de manière à les placer dans des conditions optimales de bonne tenue du toit de la couche.

• *Modélisation, informatisation*

Géostatistique, informatisation sont des appuis indispensables au traitement des données issues des études in situ ou sur images : en 1983, des améliorations ont été apportées aux logiciels existants ; d'autres programmes conversationnels ont été développés. La géostatistique a été appliquée à la caractérisation de la fracturation des massifs ; l'étude met en évidence les conditions à respecter pour obtenir des résultats significatifs. Il s'agit là des **premiers essais d'utilisation de la géostatistique** ; ils semblent ouvrir des voies prometteuses pour une meilleure modélisation des champs de fractures.

Fracturation provoquée

Depuis quelques années, le B.R.G.M. s'intéresse à la fracturation provoquée sur deux cibles :

— utilisation de la fracturation provoquée comme moyen de mieux connaître l'état de contrainte d'un massif ;

— moyen permettant la mise en exploitation de certaines ressources du sous-sol.

• *Étude des contraintes d'un massif*

En 1982, le Bureau avait réalisé plusieurs campagnes de **fracturation hydraulique**. L'année 1983 a donc été surtout consacrée à l'élaboration des méthodes d'interprétation et à la compréhension du phénomène.

Des modèles ont ainsi permis de définir les modalités d'apparition d'une fracture sur la paroi d'un forage et de

prévoir sa direction en fonction des contraintes exercées. D'autre part, une méthode d'interprétation des mesures de fracturation hydraulique a pu être mise au point en prenant un certain nombre d'hypothèses comme point de départ. Appliquée au vu des résultats des expériences réalisées en 1982 et comparée à une autre méthode, elle représente une bonne technique, relativement simple, pour déterminer l'état de contrainte réelle d'un massif, technique qu'il est possible, désormais, de considérer comme opérationnelle.

• *Gazéification in situ*

Dans le cadre des activités des groupes de gazéification souterraine du charbon (G.E.G.S.) d'une part, et de gazéification des schistes bitumineux d'autre part, le B.R.G.M. a abordé certains aspects des travaux engagés en coopération.

En 1983, a été réalisée une mise en communication à 880 m de profondeur de deux puits forés sur le **site de la Haute-Deûle**. Cette communication a été établie au niveau de la veine de charbon « Anne » de 1,8 m d'épaisseur. La liaison à la base des deux puits permet de recueillir dans le puits producteur environ 30 % du débit injecté dans l'autre ouvrage.

Sur les **schistes bitumineux de Tranqueville**, la liaison par fracturation artificielle a été réalisée en 1982. En 1983, la mise à feu a été réalisée avec succès à la fin de l'année. Le dépouillement des nombreux paramètres mesurés est en cours.

Le plus important à souligner, c'est que les trois expériences de fracturation provoquée réalisées « en grand », Bruay-en-Artois, Tranqueville, Haute-Deûle l'ont été dans des sites dont la connaissance intime étaient bien calée sur des mesures détaillées des contraintes naturelles et de leur anisotropie. Cette bonne connaissance à laquelle les équipes du B.R.G.M. ont apporté une large contribution a été sans aucun doute l'un des facteurs importants de la réussite des liaisons artificielles.

Modélisation du milieu fissuré

Le Bureau travaille depuis plusieurs années à la **modélisation du comportement des milieux fissurés** dans les domaines hydraulique, mécanique, thermique ; cette modélisation doit permettre de résoudre pratiquement certains problèmes touchant à l'enfouissement des déchets, au potentiel thermique des roches chaudes et sèches... En 1983, les travaux antérieurs ont été poursuivis dans le domaine théorique, tout en cherchant à recueillir, sur le terrain, les données nécessaires au fonctionnement correct des modèles. On a ainsi étudié l'influence de la morphologie des fractures sur leur comportement hydromécanique, poursuivi l'étude statistique des paramètres de fracturation en domaine granitique et parachevé la mise au point d'un modèle de simulation couplant les phénomènes hydrauliques, thermiques et mécaniques dans le cas d'un milieu continu équivalent. Le modèle fonctionne actuellement à deux dimensions et en régime transitoire, moyennant certaines hypothèses.

Sécurité

Le thème vise à étudier, avec le souci de protéger les populations et de gérer au mieux les investissements consentis pour l'aménagement du territoire, d'une part les risques nés de mouvements endogènes (séismes, volcans), d'autre part ceux liés aux mouvements pelliculaires (mouvements gravitaires de terrain). Il se préoccupe d'une façon plus générale de la stabilité des constructions et des aménagements.

Risque sismique

Le but des travaux est de déterminer les mouvements réels possibles du sol et du substratum y compris les mouvements induits par l'ébranlement sismique qui sont évidemment liés aux conditions locales ou régionales de site (glissements, effondrements...) : il s'agit donc d'évaluer l'aléa sismique à différentes échelles.

• *Mouvement sismique de référence*

La définition d'un mouvement sismique de référence à partir duquel, pour chaque point considéré, peuvent être envisagées les conséquences directes ou indirectes de l'ébranlement a nécessité au cours des années antérieures une approche basée sur la connaissance approfondie de la sismicité historique et l'analyse déterministe et probabiliste, approche allant du plan général (carte sismotectonique de la France, publiée en 1981) au plan local (aléa sismique régional : Alpes-Maritimes et S.E. de la France). C'est dans cette dernière direction que le Bureau travaille surtout en étudiant, à l'aide de programmes de simulation, la modulation du mouvement sismique de référence et ses conséquences suite, d'une part, à des modifications du contenu fréquentiel de l'ébranlement (résonances), d'autre part, au déclenchement de phénomènes induits (liquéfaction, éboulements...).

En 1983, l'approfondissement de la connaissance de la **séismicité historique de la France** s'est poursuivi en mettant l'accent sur de nombreux séismes frontaliers, tandis que le fichier informatique était non seulement entretenu et enrichi mais aussi profondément restructuré.

• *Reconnaissance des formes et aléa sismiques*

Le travail engagé en 1982 sur l'application de la méthode de reconnaissance de formes à la définition de zones sismiquement dangereuses dans les Alpes a été achevé en 1983 ; il a été ainsi possible de comparer et de discuter les résultats obtenus avec ceux de l'équipe soviétique de l'Institut de physique du globe de Moscou.

Une part importante des activités de l'**atelier risques sismiques** a été consacrée à la prise en compte de l'aléa sismique dans le cadre de l'élaboration des **nouvelles règles parasismiques PS 84** avec une révision du zonage de la France. Un programme de calcul spécifique a été créé pour établir, par exploitation du fichier de sismicité de la France et à partir d'un maillage du territoire national et de modèles « d'altération » régionaux, divers documents cartographiques permettant d'appliquer différents critères déterministes et statistiques satisfaisant aux principes de définition des 5 « classes de sismicité » introduites dans ce nouveau règlement. Un zonage du pays à petite échelle et sa traduction en termes de circonscriptions administratives (cantons) a ainsi été établi et soumis à l'approbation de l'administration.

Un plan d'exposition aux risques (P.E.R.) expérimental est en cours de réalisation sur les communes de Carros et Gattières avec le Laboratoire central des Ponts-et-Chaussées, l'Institut de recherche interdisciplinaire géologie-mécanique et le Bureau central d'études d'outre-mer.

• *Recherches fondamentales*

Sur un plan plus fondamental, une approche différente de l'aléa régional a été tentée en modélisant la source sismique et en calculant des **accélérogrammes synthétiques en champ libre** (thèse d'état en liaison avec l'Institut de physique du globe de Paris).

D'autres thèses sont en cours :

— inventaire des méthodes de calcul de stabilité de pentes sous actions sismiques ;

— étude de l'influence des conditions locales topographiques et géologiques par le biais d'un modèle viscoélastique linéaire (I.R.I.G.M. et Ècole polytechnique) ;

— étude de l'influence de la non-linéarité des sols et des effets de la stratigraphie locale (École Centrale de Paris) qui permet d'ailleurs une comparaison intéressante des méthodes utilisées par les sismologues et les dynamiciens du sol.

Signalons enfin que l'atelier risques sismiques a pris une part active à la publication d'un ouvrage collectif de génie parasismique, à la création de l'Association française de génie parasismique, aux études de sûreté s'appliquant soit aux sites d'enfouissement de déchets radioactifs, soit à l'implantation de grands ouvrages.

Risque volcanique

L'étude commencée en 1982 sur les volcans des Antilles a été achevée en 1983 et ses résultats présentés à la direction de la sécurité civile. Elle a conduit à la réalisation d'une carte de zonage du risque volcanique après une analyse de toutes les éruptions.

Mouvements gravitaires

Le Bureau s'était engagé, au cours des exercices antérieurs, dans deux voies :

— une voie cartographique des zones de risques (démarche ZERMOS) ;

— une voie d'ingéniérie visant à apporter un remède définitif à chaque situation particulière d'instabilité (essentiellement financée sur contrats), en développant les techniques d'auscultation et les modes de calcul des ouvrages de confortement.

En 1983, la **voie cartographique** a conduit à un travail visant à l'unification des méthodologies employées par les divers organismes concernés à la faveur de plans expérimentaux d'exposition aux risques ; seule une de ces expériences a été amorcée, non sans difficulté d'ailleurs ; il est encore trop tôt pour en tirer des conclusions.

Du retard a aussi été enregistré pour la publication d'une typologie des mouvements de terrain, retard dû aux discussions et concertations qui sont indispensables pour ce genre de travail.

Au titre de l'**ingéniérie**, deux sujets ont été retenus et ont fait l'objet du lancement de deux thèses :

— conception des ouvrages de confortement sur versants instables ;

— cinématique du déplacement de masses rocheuses sur les pentes.

Le développement des techniques d'auscultation a été poursuivi avec la mise au point d'un cahier de spécifications techniques pour le développement d'un nouveau système de saisie et de traitement des données inclinométriques sur la base de la méthodologie expérimentale mise en œuvre en 1982 par l'atelier de Lyon.

Energies

Combustibles solides

Inventaire des ressources charbon du territoire métropolitain

Les travaux ont porté principalement sur la certification des gisements découverts en 1982.

• Gisements de la Nièvre

Le gisement de **Lucenay-lès-Aix** (Nièvre) a fait l'objet en 1983 de travaux de reconnaissance complémentaires importants :

— une deuxième campagne sismique haute résolution (6 profils, totalisant 18 km) a permis de déterminer la structure générale du gisement ;

— six sondages carottés, diagraphiés (3 345 m de forage) ont été réalisés pour rechercher les extensions du gisement, et plus particulièrement son prolongement vers le Nord-Est.

De nombreuses couches de charbon ont été rencontrées à des profondeurs comprises entre 220 m et 600 m, mais les corrélations entre sondages doivent encore être précisées bien que différentes méthodes (comparaison des populations de zircon, palynologie) aient été testées avec l'aide de chercheurs universitaires.

A Devay, un sondage carotté de 615 m a été effectué pour rechercher une extension du gisement vers le Sud-Ouest ; ce sondage n'a pas recoupé la Grande Couche.

• Lignite des Landes

Sur la partie sud du gisement de lignite de Mézos-Onesse (Landes), soixante-six sondages destructifs diagraphiés ont permis de définir la géométrie du gisement. Le corps lignitifère, épais de 3 à 12 m, s'allonge suivant une bande N.NE-S.SW d'une longueur d'environ 6 km et d'une largeur d'environ 1 km. Les réserves estimées se montent à 30 Mt, dont 20 Mt présentent de bonnes conditions d'exploitation avec un taux de recouvrement inférieur à 7. Neuf sondages carottés ont permis le calage des sondages destructifs et l'échantillonnage du lignite aux fins d'analyse. Les résultats analytiques montrent que la qualité de lignite de Mézos est assez homogène, et supérieure à celle du lignite d'Arjuzanx (pouvoir calorifique 10 % plus élevé ; teneur en cendres de 10 % inférieure).

L'étude de faisabilité et la reconnaissance de la partie nord du gisement, commencée en 1983, doit être poursuivie en 1984.

• Autres recherches

En dehors de ces sujets-clés, les recherches ont été poursuivies avec pour objectif :

• achever l'étude des sujets ayant fait l'objet de travaux antérieurs (1981-1982), et rédaction d'une synthèse géologique, structurale et minière :

— bassin lignitifière de **Manosque-Forcalquier** : un sondage carotté de 200 m a été implanté à l'Est des anciennes exploitations de Sigonce ; ce sondage n'a recoupé que quelques niveaux peu puissants de lignite ;

• rechercher des nouvelles cibles :

— sondage d'exploration (395 m) à **Anlezy** (Nièvre) : implanté au centre de l'anomalie gravimétrique légère, ce sondage est resté dans les formations permiennes ; la recherche des assises stéphano-autuniennes doit donc se faire à la périphérie du bassin ;

— les deux sujets, **Briançonnais et détroit de Rodez**, ont fait l'objet de levés cartographiques détaillés et d'études sédimentologiques pour tenter de replacer les affleurements dans un modèle paléogéographique à partir duquel peuvent être recherchées des cibles plus prometteuses et permettre l'implantation de sondages de reconnaissance. Ces deux sujets ont été arrêtés fin 1983 ; les travaux de sondage pourraient être réalisés en 1985 ;

— les études de **gîtologie prévisionnelle** et les prospections gravimétriques ont été poursuivies sur les bordures nord-est et sud-ouest du Massif central. Des travaux complémentaires devront permettre en 1984 l'interprétation géologique et structurale des régions allant de Noyant (Allier) à Decize-la-Machine (Nièvre).

Gazéification in situ

Le G.E.G.S. (Groupement d'étude pour la gazéification souterraine) a poursuivi la mise au point du pilote de **gazéification souterraine profonde de charbon sur le site de la Haute-Deûle** (Pas-de-Calais).

La fracturation hydraulique (réalisée pour la première fois à l'aide de « mousse ») entre les deux puits du doublet expérimental a eu lieu en juillet 1983. Les premiers essais ont montré que la qualification physique de la liaison (rendement de récupération voisine de 40 %) était bonne ; la qualification chimique (absorption de l'oxygène par le charbon et de son inhibition par le gaz carbonique) est en cours.

La mise à feu est prévue en début du deuxième trimestre 1984.

L'activité B.R.G.M. en ce qui concerne les **schistes bitumineux** arrive à son terme : abandon du programme de reconnaissance sur le bassin d'Autun, fin des travaux réalisés dans le cadre du groupement d'étude concernant la combustion in situ.

En ce qui concerne la combustion in situ des schistes bitumineux, après la liaison par fracturation hydraulique entre les puits du doublet, les travaux sur l'expérimentation pilote de Tranqueville (Vosges) se sont poursuivis avec succès par l'allumage des schistes et l'entretien de la combustion par injection d'oxygène et d'azote.

Un sondage destiné à carotter la couche des schistes brûlés pour analyses achèvera en 1984 le programme de recherche.

Collaboration avec les Houillères de bassins

Le B.R.G.M. a collaboré, comme en 1981 et 1982, avec les Houillères de bassins pour réaliser des travaux de recherche scientifique et technique.

En Lorraine, les travaux ont consisté en une valorisation scientifique de sondages de reconnaissance dans la zone de Faulquemont (paléobotanique, palynologie, pétrographie), en une approche théorique et expérimentale du modèle thermique du bassin houiller et en une étude de la fracturation des veines et de leurs épontes dans le « champ » de Cocheren en vue d'orienter au mieux les fronts de tailles.

A la demande des H.B.N.P.C., le B.R.G.M. a participé aux phases techniques de la prospection par sismique réflexion du gisement houiller au Sud du siège 10 d'Oignies.

Interlocuteur technique pour le compte des H.B.N.P.C. auprès de la Compagnie générale de géophysique pendant l'acquisition et le traitement des données, le département Géophysique et le Service géologique régional Nord - Pas-de-Calais ont été chargés de l'interprétation des sections sismiques et de l'établissement d'une carte géologique et structurale de la zone prospectée.

Énergies nouvelles

Les activités du B.R.G.M. sont divisées en 7 sous-thèmes :

1) production d'électricité par géothermie haute énergie ;
2) production de chaleur par géothermie basse énergie ;
3) exploitation des ressources moyenne énergie ;
4) cibles géothermiques nouvelles ;
5) stockage souterrain de chaleur ;
6) pompes à chaleur sur nappes superficielles ;
7) microcentrales hydroélectriques.

La recherche dans le domaine des énergies nouvelles a été marquée en 1983 par la mise en place d'un groupement d'intérêt public (G.I.P.) entre le B.R.G.M. et l'A.F.M.E. (Institut mixte de recherches géothermiques).

Production d'électricité par géothermie haute énergie

• Approche géophysique

La mise au point et les essais opérationnels de la chaîne d'acquisition et de traitement « in situ » des **signaux magnétotelluriques et sismiques** ont été conduits dans le cadre de l'action concertée « signaux naturels », associant l'Institut mixte de recherches géothermiques, le Laboratoire de géophysique appliquée de l'Université Paris VI et le Centre de recherches géophysiques de Garchy.

Le bon comportement du matériel en opération et la qualité des premiers résultats obtenus (à la Martinique et à la Dominique pour la magnétotellurique et sur le site de Haguenau-Alsace pour l'écoute sismique) confirment l'intérêt de l'utilisation d'un tel dispositif.

L'I.M.R.G. s'est également attaché à définir et optimiser le rôle de l'audiomagnétotellurique dans l'exploration des milieux de couverture, principalement en analysant des données déjà existantes. Les résultats montrent qu'il est possible d'obtenir un modèle géophysique des terrains en trois dimensions et une interprétation des données relativement simple, grâce à une forte densité des points de mesure.

• Approche volcanologique, pétrographique et minéralogique

Pour ce qui concerne la reconstitution de l'histoire thermique des champs géothermiques, les thèmes suivants ont été abordés :

• définition des domaines de stabilité thermique des principales paragenèses hydrothermales rencontrées dans les forages géothermiques ;

• caractérisation des transformations minéralogiques et géochimiques au niveau d'un champ géothermique fossile (Martinique) ;

• thermométrie optique des inclusions fluides piégées dans des minéraux hydrothermaux (quartz et zéolites) ;

• les recherches relatives à la localisation et l'évolution de la chambre magmatique ont conduit à l'identification de paramètres géochimiques (majeurs-traces-isotopes) marqueurs des stades de différenciation superficiels et des processus d'interaction réservoir magmatique - croûte encaissante, susceptibles d'apporter des informations sur le potentiel géothermique d'un édifice volcanique. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention de recherches entre l'Institut mixte de recherches géothermiques et le G.I.S. « synthèse des minéraux ».

L'apport des études minéralogiques fines dans l'évaluation des paramètres physico-chimiques (P.T.) régnant au niveau d'un réservoir magmatique (dans le contexte d'un champ géothermique) a été mesuré (Basse Terre en Guadeloupe). Ces travaux sont réalisés dans le cadre d'une convention de recherches avec un laboratoire de l'université d'Orsay.

Dans le but de parvenir à une modélisation des strato-volcans, une étude des données disponibles pouvant caractériser un strato-volcan andésitique et le champ géothermique qui lui est associé a été menée à bien. La région de Wotten Waven (Dominique) a ainsi fait l'objet d'une étude volcanologique pilote.

Une étude des champs géothermiques de Krafla (Islande) et d'Asal (Djibouti) s'est attachée à caractériser et à comparer les contextes des deux rifts océaniques émergés (évolution géodynamique, processus d'extension, zones d'accrétion, vitesse d'expansion,...) ainsi que les contextes locaux des champs géothermiques.

• Approche géochimique

Une étude détaillée des fluides eau et vapeur de différents champs géothermiques mondiaux en exploitation a été réalisée au cours d'une campagne d'essais de production de vapeur, visant à une meilleure connaissance des fluides profonds et de l'évolution de leur composition chimique au cours de l'ébullition dans les installations de surface.

Au Nicaragua (Monotombo), en collaboration avec le Centre des faibles radioactivités, des analyses chimiques isotopiques et gaz ont été réalisées, mettant en évidence des différences de composition à l'intérieur du réservoir.

Sur l'île de la Dominique (région de Waven Boiling Lake), une étude a pu mettre en évidence un réservoir chloruré sodique à 230 °C ainsi que des aquifères superficiels interprétés comme des eaux météoriques locales, réchauffées et modifiées par des fuites de vapeur d'eau et/ou de gaz (H_2S, CO_2) en provenance du réservoir chloruré profond.

De nouvelles méthodes de prospection ont été mises au point, comme l'**analyse de gaz in situ** afin de pouvoir sélectionner en temps quasi réel les échantillons gazeux les plus représentatifs des conditions profondes (voir thème analyses in situ).

Deux options ont été envisagées :

— analyse par chromatographie gazeuse de terrain : acquisition du chromatographe et essais en laboratoire en fin d'année 1983 ;

— analyse par voie électrochimique après piégeage des gaz dans des solutions alcalines : acquisition du matériel et premier test d'étalonnage sur des gaz de forages géothermiques du Bassin parisien.

En thermométrie par ^{18}O des sulfates, l'année 1983 a vu la synthèse des études antérieures, une mise au point analytique et l'obtention de premiers résultats, notamment sur des sources chaudes ou des forages géothermiques.

Une bonne compréhension des phénomènes d'oxydoréduction permet de mieux caractériser, indirectement, le degré de transformation subi par le fluide à partir du réservoir profond. Une étude systématique a donc été réalisée sur différents fluides haute énergie (Nicaragua, Guadeloupe en terrain volcanique, Tibet en milieu de roche granitique).

Production de chaleur par géothermie basse énergie

• *Réservoir du Trias*

Pour résoudre les problèmes posés par l'exploitation du réservoir du Trias, l'identification des causes possibles à l'origine des difficultés de réinjection rencontrées à **Melleray et Achères** a été activement poursuivie grâce à :

— des travaux en laboratoire relatifs à l'identification des particules transportées ou générées dans le fluide ;

— la conception et l'acquisition d'un ensemble de filtration en conditions contrôlées sur site ;

— un programme de percolation ;

— une première évaluation des phénomènes bactériens (programme PIRSEM - collaboration avec l'Université de Marseille) ;

— une modélisation hydrothermodynamique du site de Melleray ;

— une évaluation géologique fine du réservoir de Melleray.

• *Réservoir du Dogger*

Une priorité importante a été réservée à l'acquisition de données nombreuses et précises sur le réservoir du Dogger et sur les outils nécessaires à leur obtention.

Une bonne caractérisation sédimentologique et diagraphique du réservoir et particulièrement des niveaux productifs a été recherchée ; elle demande une meilleure compréhension des phénomènes de diagenèse et leurs conséquences sur l'évolution du réseau poreux. L'extension de cette étude est prévue en intégrant les données de la sédimentologie des forages pétroliers et d'autres forages géothermiques.

D'autre part, la connaissance approfondie des fluides du Dogger est nécessaire pour en optimiser l'exploitation. Un programme a permis de mettre au point des techniques de prélèvement et d'analyses in situ adaptées aux eaux géothermales et de mieux comprendre :

— l'origine des fluides ;

— les paramètres hydrogéochimiques de l'aquifère ;

— la composition chimique très détaillée des niveaux producteurs afin de prévoir leur comportement dans une exploitation à long terme ;

— l'impact des compositions chimiques sur les problèmes de dépôts et de corrosion des installations de surface.

Le pilote de corrosion mis à l'étude vise à tester des échantillons métalliques soumis à l'attaque de l'eau géothermale (réception du matériel en 1983 - montage prévu sur le site en 1984).

Une collaboration a été nouée avec l'Université de Paris VII.

• *Évaluation du potentiel géothermique français*

Cette évaluation a été réalisée dans le cadre d'une action concertée entre la Commission des communautés européennes, le ministère de l'industrie et de la recherche et le B.R.G.M. Le cadre de l'étude est défini par les ressources aquifères dont l'intervalle de température va approximativement de 30 à 60°. Cependant, il s'est révélé nécessaire d'actualiser les connaissances des aquifères à plus haute température étudiés antérieurement, afin d'obtenir, à l'échelle de la France, des résultats homogènes. Ces ressources géothermiques ont été étudiées pour toute la France — à l'exclusion de la Bresse et du Couloir rhodanien dont la synthèse est déjà en cours par ailleurs —.

• *Modélisation thermique du Bassin parisien*

Une autre étude a eu pour objectif de définir le champ de température (par mesures combinées avec des interpolations et des modèles) en tous points du Bassin parisien en vue d'une évaluation réaliste de l'environnement et de la structure thermique interne du réservoir.

Trois aspects ont été abordés :

— acquisition des données thermiques en forages sous forme numérique sur micro-ordinateur et traitement de l'information ;

— corrélation entre puits et synthèse des résultats ;

— modélisation du comportement thermique du sous-sol, selon des distributions de conductivités thermiques variables.

Cette étude a été réalisée avec l'Institut de physique du Globe de Strasbourg (appui PIRSEM), l'Université de Bretagne occidentale (thèse de 3e cycle et thèse d'état).

• *Modélisation de l'exploitation*

La modélisation de l'exploitation des réservoirs géothermiques du Dogger du Bassin parisien a pour objectif principal de contribuer à une meilleure connaissance et à une gestion optimale de la ressource.

Les premiers résultats obtenus permettent d'envisager une nouvelle représentation du milieu, plus complexe, caractérisée par la juxtaposition de sous-structures continues avec communication entre elles. La confirmation de cette hypothèse pourrait conduire à envisager l'utilisation d'un modèle de réservoir tridimensionnel incluant notamment les données géochimiques.

Exploitation des ressources moyenne énergie (de 80° à 180°)

L'étude du **marché de la moyenne énergie** à partir des données existantes a été menée à bien. L'objectif est d'abord de bien cerner la répartition géographique des ressources ainsi que leur typologie fondée sur la géochimie des eaux (débit, température, minéralisation, etc.).

La valorisation thermodynamique de la ressource par **cycle binaire à échange direct** a été examinée grâce à une synthèse des travaux sur l'échange direct et à la modélisation mathématique permettant de dimensionner ce type de centrale.

Cette étude fait l'objet d'une thèse de 3e cycle et a bénéficié de la collaboration du C.E.N.G. pour le modèle théorique de transfert de masse et du C.E.A. pour la conception générale de la boucle expérimentale.

Cibles géothermiques nouvelles

L'objectif est d'évaluer, en territoire métropolitain, le potentiel géothermique de cibles qui ne sont pas pour l'instant comptabilisées parmi les ressources. Il peut s'agir d'aquifères peu connus de bassin sédimentaire déjà exploité ou de zones de socles avec parfois une couverture sédimentaire importante, possédant des gradients géothermiques anormaux.

Ont été examinés :

— l'**Oxfordien supérieur** et ses niveaux réservoirs du centre et du Nord-Est du bassin de Paris où sont réunis température intéressante et faciès à priori favorables aux utilisateurs potentiels. Les premiers résultats ont permis d'élaborer un log-type déterminant les principales zones réservoirs, leurs faciès et leurs caractéristiques. Cette étude fait l'objet d'une thèse de 3e cycle qui sera soutenue en 1984 ;

— l'anomalie thermique particulière du **graben d'Alsace** (Haguenau-Soultz) qui a fait l'objet d'une première synthèse des données disponibles, concluant à des températures probables de l'ordre de 150 °C au toit du socle granitique qui se situerait entre 1 500 et 1 200 mètres de profondeur selon les endroits.

Une exploration complémentaire par écoute sismique passive sur les failles ouest bordières du horst a été réalisée dans le but d'observer des zones de mini-foyers sismiques qui pourraient indiquer les fractures les plus instables.

Une étude reprend les analyses des émergences thermales, assez nombreuses, du massif vosgien et de sa bordure. L'objectif est d'atteindre une compréhension géochimique et hydrodynamique du système comprenant :

— une estimation des températures profondes ;

— la recherche de la présence d'un ou plusieurs réservoirs ;

— l'évolution de l'influence du socle et du Trias sur le chimisme des eaux ;

— une insertion des émergences dans leur contexte géologique, tectonique et pétrographique.

Stockage souterrain de chaleur

Le stockage d'eau chaude en aquifère a été particulièrement suivi sur l'**installation-pilote de Montreuil-sous-Bois** pour sa deuxième année d'exploitation ; elle montre un fonctionnement satisfaisant, puisqu'il est possible de stocker 120 000 m³ d'eau à 25 °C en été, la température du puit chaud étant encore de 23 °C en février.

Un projet de **chauffage** des nouveaux locaux de l'**École normale supérieure à Lyon** est actuellement à l'étude : la chaleur produite par une usine d'incinération d'ordures ménagères doit servir à la réalisation d'un stockage d'eau chaude. La nappe coulant en permanence, il est nécessaire de prévoir un isolement du stockage par des parois étanches.

Les études de terrains nécessaires ont été effectuées en 1983. L'étude de faisabilité est prévue en 1984.

La **méthode des échangeurs enterrés** a fait l'objet d'une seule étude en 1983, elle concerne le chauffage d'une école à Lannion (procédé Corail) qui suppose l'ins-

tallation d'un échangeur vertical dans un forage. L'eau qui circule en circuit fermé absorbe les calories fournies par le granite autour du forage.

La réalisation du prototype de Lannion doit permettre de valider les modèles d'évolution thermique et d'acquérir l'expérience technologique indispensable.

Pompes à chaleur sur nappes superficielles

La mise en service d'une pompe à chaleur fonctionnant en doublet a des conséquences sur les caractéristiques thermiques des nappes exploitées. La prévision de l'évolution de cette perturbation est indispensable, aussi bien pour évaluer la rentabilité d'une installation que pour déterminer l'**impact d'une certaine densité d'ouvrages** sur le milieu naturel.

Les recherches entreprises en 1983 ont permis de poursuivre la mise au point de modèles théoriques et leur confrontation aux mesures de terrain. Deux thèmes ont été abordés :

L'étude de l'**impact des rejets froids sur la nappe ;** suivi thermique de la nappe du Rhône, à proximité d'un doublet servant au chauffage, développement d'un modèle d'étude de l'impact thermique tenant compte des paramètres physiques de la nappe et des épontes (thèse soutenue en février 1984).

Possibilités d'exploitation des aquifères par pompes à chaleur : modèle de gestion thermique de la nappe du Rhin à Strasbourg, permettant l'évaluation d'une densité maximale de pompes à chaleur ; possibilités d'exploitation de la nappe du Val-de-Loire ; études d'installation de pompes à chaleur en Ile-de-France, Alsace et dans la région Rhône-Alpes. Une demande importante justifie pleinement la poursuite des programmes de recherche de la modélisation des effets thermiques. La définition des normes d'autorisation des installations de pompes à chaleur sera ainsi facilitée.

Microcentrales hydroélectriques

Le programme 1983 a surtout porté sur des activités d'inventaires (bassin Loire, Bretagne, Martinique) et de mise au point, en accord avec l'A.F.M.E., d'une banque de données.

Recherches sur les techniques

Télédétection

Évaluation de nouveaux capteurs

Une étude portant sur la région des Vans a eu pour but de comparer (avec l'aide de la Commission des Communautés européennes) les apports de **différents types de radars.** La médiocrité des résultats obtenus est plus imputable à la technique qu'à la méthode elle-même. En revanche, des images thermiques ont donné de bonnes discriminations géologiques : elles permettent, localement, d'améliorer les contours du 50 000e et une meilleure cartographie des fractures. Cependant, certains phénomènes ne sont pas toujours interprétables.

Une autre action financée par les fonds européens visait à des essais de corrélation entre les images satellites et les données géochimiques et géophysiques dans le Massif armoricain, celles-ci étant issues des travaux de l'inventaire minier. Parallèlement, des recherches ont également été entreprises sur certaines anomalies de réflectance. Plusieurs linéaments, certains inconnus, ont pu être ainsi corrélés à des anomalies géochimiques. Des corrélations avec des structures circulaires ont été mises en évidence, corrélations souvent renforcées par l'existence d'anomalies géophysiques.

Chaîne de traitement

Sur la chaîne interactive mise en place en 1981-82, diverses améliorations techniques ont été apportées : le stade opérationnel est désormais atteint. Des logiciels nouveaux ont été élaborés : certains fonctionnent, d'autres en sont encore au stade expérimental.

Des essais d'interprétation d'images multitemporelles ont été entrepris ; d'autres essais sont encore nécessaires pour conforter la première expérience.

Un effort important a été réalisé sur le problème du **décryptage des signatures spectrales de différents ensembles lithologiques ou morphologiques** : leucogranites, zones humides en milieu aride, reconnaissance de divers types de formations superficielles en Arabie, étude des profondeurs d'eau en milieu côtier (mer Rouge)... Dans les pays à très fort couvert végétal, la compréhension de la réflectance enregistrée et de ses rapports avec la géologie (géobotanique). demande à être mieux appréhendée. En dépit d'une thèse d'état récemment soutenue, les progrès sont lents et nécessitent de nombreux tests portant sur des régions bien connues (géologie et botanique).

Spot

L'évaluation des simulations Spot, commencée par la filière stéréo en Europe, montre l'accroissement de la qualité dû à l'effet synoptique. La filière radiométrique a fait l'objet d'études particulières, notamment sur l'identification des formations géologiques de surface (Beauce) et des phénomènes hydriques (Dunois). L'obtention d'un document utilisable a été laborieuse mais l'expérience ainsi acquise a, malgré le caractère pénalisant du temps passé, permis de déboucher sur un réel savoir-faire qui sera vérifié sur le terrain en 1984.

D'autres travaux ont été poursuivis au Mali et en Haute-Volta où les interprétations réalisées en 1982 ont été comparées aux levés sur le terrain et à la géophysique. Si des résultats prometteurs (structures, formations superficielles, lithologie) sont évidents, de nombreux problèmes restent en suspens (influence uniformisante de la « patine » désertique par exemple).

Pour des raisons pratiques, les filières stéréoscopiques et radiométriques ont été exploitées séparément. Seule l'exploitation combinée permettra de définir jusqu'où Spot peut se substituer aux photos aériennes. Il semble déjà que pour des résultats parfois supérieurs aux photos (apport de la radiométrie), le gain de temps obtenu sur une étude est en faveur de Spot.

Autres activités

La télédétection a pris une part active au programme Géologie profonde de la France avec des études sur le Cézallier où une bonne corrélation est observée entre émergences géothermales et géologie structurale et sur l'Anomalie magnétique du Bassin de Paris (*voir* thème Géologie profonde de la France).

Valorisation des forages ; analyses in situ ; géotechnique en forages et minière

Au cours des années précédentes, un effort important a été entrepris pour obtenir des forages un maximum de renseignements utiles au cours des phases d'exploration et de développement miniers. Ce programme de diagraphies est progressivement relayé par des travaux de développement de méthodes géophysiques en forages. Parallèlement, des recherches se sont poursuivies sur la mesure du gradient thermique, sur les analyses in situ, les mesures géotechniques en forages et la géotechnique minière.

Diagraphies

Ce programme, lancé en 1979, a pris fin en 1983. Il a permis au B.R.G.M. d'acquérir un savoir-faire dans l'exécution et l'interprétation des diagraphies essentiellement appliquées à la recherche minière, puis de définir des outils nouveaux adaptés aux autres besoins du Bureau. Cette recherche-développement a bénéficié d'aides extérieures et a été menée en collaboration.

Des actions méthodologiques ont été réalisées en 1983 pour l'étude de gîtes minéraux spécifiques : le but principal recherché était d'étendre l'expérience acquise à des domaines miniers jusque-là peu ou pas étudiés par ces méthodes : gisements filoniens, stratiformes, volcano-sédimentaires, etc. Les résultats obtenus, satisfaisants dans l'ensemble, sont à nuancer dans le cas d'environnements géologiques peu favorables ou difficiles.

L'année 1983 a vu se réaliser une nouvelle chaîne de **mesure en continu des gradients thermiques** pour répondre aux besoins de la prospection géothermique. L'environnement informatique de cet instrument permet de traiter et d'utiliser rapidement les données. Une modélisation est utilisée comme support et contrôle de l'interprétation des données expérimentales, la géostatistique permettant de définir une distribution tri-dimensionnelle probable du champ de températures tenant compte des diverses contraintes.

Toujours dans le domaine des développements technologiques, il faut relever les études concernant les **diagraphies nucléaires** (neutron-neutron, gamma-gamma) adaptées aux problèmes miniers (liaisons avec le Laboratoire central des ponts et chaussées), celles relatives à la construction du prototype de sonde Elias (sonde de pendagemétrie — pendage des couches traversées, mais aussi recherche de fractures en milieu cristallin —). Toutefois, compte tenu des difficultés rencontrées, le principe même des mesures devra être révisé. Enfin, le département technologie a réalisé un équipement piloté par micro-ordinateur permettant le stockage des données.

Géophysique de développement à partir des forages

Si les diagraphies permettent une auscultation des parois des forages, celle des zones plus éloignées du forage par des méthodes électriques ou électromagnétiques (forage-forage, forage-surface) constitue une autre voie de recherche.

Pour les **méthodes électriques**, les développements ont porté sur la modélisation de la mise à la masse entre forages et autres méthodes surface-forage. Des applications pratiques de ces méthodes, couplées avec la méthode dipôle-dipôle en forage, ont été réalisées sur un site-test. Les limites de ces techniques et les perfectionnements à y apporter ont pu être cernés.

Trois types d'**outils électromagnétiques** ont été définis : la sonde Eric (émetteurs-récepteur inductifs coaxiaux, rayon d'investigation décimétrique) pour laquelle des tests ont commencé sur Beauvin en 1983, la sonde Arlett (Approche réalisant un levé électromagnétique tridimensionnel en trou) et la sonde Emma (Émetteur multifréquentiel magnétique par Arlett, en projet à fin 1983 qui est une variante forage-forage du dispositif précédent). Parallèlement, la modélisation est activement poussée pour servir de guide à l'interprétation.

Analyses in situ

Fin 1982, deux techniques d'analyse in situ en forage avaient fait l'objet d'études approfondies :

— l'analyse par fluorescence X dont il a été montré que les résultats ne satisfaisaient pas les impératifs miniers ;

— **l'analyse par activation neutronique** donnant des résultats encourageants et sur laquelle l'action 1983 devait se concentrer. Après enquête, le choix (en collaboration avec le Laboratoire central des ponts et chaussées) d'une source neutronique française à développer a con-

duit à étaler largement dans le temps la poursuite du programme. Des études technico-économiques et des expérimentations en laboratoire ont néanmoins été menées à bien : modélisation des phénomènes d'activation en forage, tests de deux types de détecteurs (Ge[HP], BGO), test intéressant d'une microsource neutronique isotopique et comparaison avec les potentialités d'un générateur de neutrons, examen des possibilités du transfert du logiciel Syrano sur les appareils d'analyse in situ par activation.

A terme, les espérances placées dans l'analyse par activation neutronique restent liées à l'apparition sur le marché de générateurs de neutrons d'un coût acceptable. Cependant, les développements de la micro-informatique permettant de traiter des spectres de plus en plus complexes, l'emploi de micro-sources neutroniques isotopiques offrent peut-être des perspectives d'applications minières peu coûteuses. Mais il reste beaucoup d'expérimentations à mener à leur terme.

Mesures géotechniques en forage

Les travaux ont pour objectif une meilleure connaissance des caractéristiques du milieu fissuré, soit du point de vue mécanique, soit du point de vue hydraulique. Les études prévues sur ce dernier aspect n'ont pu être réalisées tandis que l'analyse de paramètres mécaniques a été étudiée sous l'aspect de la déformabilité des parois d'un forage d'une part, des contraintes in situ d'autre part (cellule de mesure dite « cellule de Liège », fracturation hydraulique).

Rappelons, qu'en liaison avec le thème fracturation, un outil informatique performant pour le traitement des données structurales récoltées sur carottes (orientées) a été développé. Une application sur Bodennec montre que l'étude structurale permet de reconstituer la géométrie de l'ensemble foré et qu'elle est cohérente avec celle réalisée en travaux miniers.

Géotechnique minière

Le premier objectif de ce sous-thème était d'obtenir un **dimensionnement** plus satisfaisant **des chantiers miniers** : c'est sur la mine de Salsigne qu'ont été étudiées, en détail, les déformations du milieu rocheux et sa tenue face aux explosions.

Un second objectif était de mieux connaître les mécanismes de dégradation progressive dans les **exploitations par chambres et piliers abandonnées** (risques d'effondrements) ; des travaux ont été effectués dans la région de l'Entre-deux-mers et différents types de confortements ont été proposés.

Recherches sur les techniques géophysiques

Ce thème regroupe les travaux :

— d'adaptation des méthodes géophysiques nouvelles à des supports et/ou des applications spécifiques ;

— d'étude théorique des phénomènes géophysiques débouchant sur de nouveaux procédés de mesure et d'interprétation.

Amélioration des logiciels de traitement et interprétation des données gravi-mag

Pendant plus de 10 ans, le département géophysique a développé (en partie avec la Compagnie française des pétroles) un outil informatisé de traitement, de transformation et d'interprétation des données de gravi-mag.

En 1983 et dans le cadre des actions entreprises pour permettre un accès aux données sur le terrain et en temps réel approché, une **mini-chaîne de saisie** des mesures gravimétriques a été développée. Elle permet un premier traitement sur le terrain et ensuite un transfert sur VAX pour produire des documents d'interprétation et de synthèse.

Le **logiciel Sigma**, qui permet ces opérations interprétatives et de production de documents cartographiques a été restructuré en vue d'une commercialisation de certains modules.

Des nouveaux logiciels interprétatifs des champs de potentiel ont été mis au point : ils visent à diminuer l'ambiguïté de l'interprétation et à fournir la solution la plus plausible compte tenu des paramètres considérés.

Étude des phénomènes électriques, électromagnétiques

Le B.R.G.M. a travaillé dans la ligne de la tradition française de développement des **méthodes électriques** que ce soit au niveau des matériels (chaînes Syscal) ou des procédés de mesure et d'interprétation.

En 1983, la tendance à la décentralisation de l'outil informatique a été renforcée : un logiciel intégré des sondages électriques a été développé pour micro-ordinateur de terrain.

Pour **l'électromagnétisme,** deux difficultés sont apparues pour l'application des différentes méthodes aux objectifs du Bureau : le manque de profondeur de l'investigation, l'insuffisance et la complexité de l'outil mathématique nécessaire à une approximation utilisable des phénomènes physiques mis en jeu. En 1983, une action concertée C.C.E. a été entreprise en vue d'améliorer les méthodes au niveau des deux points faibles signalés : amélioration de la profondeur d'investigation en utilisant, avec de bons résultats, des fréquences extrêmement basses ; les expériences pourront conduire à un matériel nouveau complétant la magnéto-tellurique développée à l'Institut mixte de recherches géothermiques ; développement des outils mathématiques grâce à des études théoriques et des modélisations (en coopération avec Phœnix).

Sismique en mine

Deux voies ont été explorées :

— amélioration du traitement des données sismiques obtenues au cours des campagnes de prospection avec des applications au domaine charbonnier ;

— poursuite des essais de localisation de minéralisations à partir de galeries de mines, le site de Salau étant utilisé pour déterminer les paramètres à prendre en compte pour mettre en évidence les contacts de la minéralisation avec ses épontes.

Recherches sur les techniques géochimiques

Le thème regroupe toutes les études visant à l'amélioration des techniques de prospection géochimique, des méthodes d'interprétation et de modélisation des anomalies, des comparaisons avec d'autres méthodes. Les mécanismes à l'origine des anomalies sont également pris en compte dans les nombreux milieux dans lesquels les équipes du Bureau opèrent.

Méthodologie de la prospection

Les procédures d'**interprétation des prospections tactiques** ont été sensiblement améliorées grâce à l'adjonction de nouveaux logiciels graphiques à la chaîne interactive de traitement de données et à une prise en compte accrue des données gîtologiques.

Par ailleurs, un effort méthodologique important a été consenti en vue de **sélectionner** plus finement et précocement les très nombreuses **anomalies stratégiques** décelées à l'occasion de l'inventaire minier du territoire. Les retombées de ce travail, déjà perceptibles, laissent envisager une procédure prenant en compte, pour l'interprétation et la sélection : un complément d'informations minéralogiques et analytiques ; une caractérisation plus affinée des phases porteuses des métaux dans les sols et les sédiments ; la recherche, au niveau des infratraces, des traceurs géochimiques spécifiques d'une paragenèse donnée ; une investigation plus poussée des associations supergènes ; la mise en œuvre de techniques d'extraction sélective.

Une expérience a été tentée en Oman, parallèlement aux travaux de cartographie, visant à extrapoler les méthodes efficaces de la prospection géochimique en milieu désertique.

Prospection géochimique en milieu tropical

Les travaux, de par leurs nombreuses applications potentielles aux pays en développement restent prioritaires. L'importante prospection en cours au Gabon (projet « voie ferrée ») est appuyée par un programme méthodologique destiné à optimiser chacune des étapes de la recherche et à préciser, sur un plan pratique, les divers types de matériaux superficiels susceptibles d'être échantillonnés en cours de prospection tactique pour le contrôle des anomalies précédemment décelées régionalement. Des approches géomorphologiques et pédologiques se sont avérées nécessaires avec l'appui de spécialistes de l'O.R.S.T.O.M. Des résultats ont été obtenus quant au caractère résiduel et essentiellement autochtone d'altérites jaunes surmontant les niveaux d'accumulation à cailloutis.

Prospection hydrogéochimique et des gaz des sols

La première application de la prospection hydrogéochimique dans la région d'Ancenis peut être considérée comme un succès (voir thème hydrogéochimie). Cette opération était aussi destinée à tester les possibilités d'application de l'analyse des eaux par plasma inductif (I.C.P.) pour obtenir un outil analytique peu coûteux (voir thèmes techniques analytiques).

Il faut également rappeler l'étude méthodologique des gaz des sols comme outil de prospection des gîtes cachés, programme mené en commun avec le B.G.R. (R.F.A.) et le B.G.S. (G.B.), sur le gîte de Meggen.

Composante chimique

La recherche de la composante chimique des anomalies est un programme nouveau : de bons résultats ont déjà été obtenus et permettent d'améliorer les outils de détection des gîtes enfouis.

Recherches sur les techniques analytiques

Développement des outils analytiques

• Description des objets minéralogiques

On relève : l'amélioration des appareils de diffraction X, de l'analyse thermique, de l'analyse d'image (mise en service d'un QTM 900) ; la mise en œuvre de diverses techniques pour la **microcaractérisation des surfaces minérales (voir aussi thème minéralurgie)** visant, notamment, à prendre en compte la variation de la distribution en profondeur des éléments qui, dans les modèles visuels, sont supposés répartis de façon homogène dans le volume (collaboration avec l'Université de Floride). Les résultats sont encore qualitatifs (sur les blendes notamment), mais auront d'importantes conséquences dans le domaine de l'étude des éléments-trace à la microsonde.

• Analyses chimiques in situ

La mise au point de l'**appareil portable de fluorescence** « Syrano » a été parachevée et le programme d'analyse in situ en forages (voir thème valorisation des forages poursuivi). Pour obtenir de nouvelles méthodes de prospection et approcher de l'objectif résultat en temps réel sur le terrain, l'analyse des gaz in situ a vu, en 1983, la conception et la réalisation (sous-traitée) d'un prototype-série permettant l'analyse en temps réel de gaz ayant des masses comprises entre 4 et 200 et des concentrations supérieures à 500 ppb. Les premiers essais sur le terrain (Meggen, RFA ; Cézallier) montrent l'intérêt de cette méthode pour la géothermie et la recherche minière (He, CO_2, O_2) mais que des problèmes techniques importants restent encore à résoudre.

• Analyses chimiques ou destructives

Avec la **microsonde électronique** ont été poursuivies des études sur les traces dans les sulfures pour répondre aux besoins des minéralurgistes. Toutefois les demandes des utilisateurs impliquent l'emploi des appareils aux limites de leurs possibilités de détection et les résultats devraient faire l'objet d'études complémentaires pour être validés. D'importants efforts ont été consentis pour améliorer qualité et rendement des analyses chimiques et physico-chimiques aussi bien pour les analyses multiélémentaires que monoélémentaires portant sur les échantillons géochimiques, les roches, les minerais et les eaux. 1983 a marqué l'aboutissement des études sur le **plasma à couplage inductif** (I.C.P, thèse) et l'utilisation à pleine capacité de cet appareil. Les études d'intercomparaisons des méthodes multiélémentaires ont été poussées plus avant. La technique de fluorescence atomique, de prime abord prometteuse, n'a pas encore donné les résultats attendus. De bons résultats ont, en revanche été obtenus pour ce qui concerne l'abaissement des seuils de détection et la diversification des éléments analysés par les **méthodes monoélémentaires** et la mise en place d'un nouveau programme d'analyse de minerais de fer par fluorescence X.

• Analyses des eaux

Des progrès significatifs ont été obtenus dans la mise au point de nouvelles techniques d'analyse des eaux : **analyse des infra-traces** de 18 éléments par absorption atomique au four graphite ; analyse rapide simultanée par plasma des cations et des traces avec une technique originale de préconcentration (thèse). Enfin, l'association à cette dernière méthode de la chromatographie ionique (anions) doit permettre de proposer aux hydrogéochimistes une analyse globale des eaux sur de faibles volumes et à des coûts compétitifs.

• Analyse isotopique

Les développements concernant l'analyse isotopique ont été particulièrement significatifs en 1983 : les travaux effectués tant pour aménager les laboratoires que pour la mise au point de nouvelles méthodes d'analyse non pratiquées jusqu'ici ont abouti à doter le secteur analytique du B.R.G.M. d'une solide infrastructure qui permet désormais de couvrir la **gamme complète des techniques isotopiques** couramment utilisées dans les Sciences de la Terre.

Recherches sur les techniques minéralurgiques

Substances

• Phosphates

Pour ce qui concerne la flottation sélective **carbonate phosphate** mise au point les années précédentes, 1983 n'a vu que des améliorations de détail sur des cas particuliers (Togo), des comparaisons de comportement de minerais de diverses provenances géographiques, des essais de réactifs nouveaux.

• Or et tungstène

Les **minerais d'or** ont fait l'objet de nouvelles études d'amélioration notamment sur la base du procédé de lixiviation à la thio-urée (adsorption sur charbon actif). La cyanuration en tas a été développée jusqu'à l'échelle pilote pour permettre la valorisation de gisements à teneurs marginales. Enfin, des améliorations ont été obtenues dans les procédés de pré-traitement de minerais aurifères mixtes à Ag et Cu grâce à des techniques de lixiviation originales. Ces nouvelles techniques de traitement remettent à l'ordre du jour la mise en exploitation de nombreux gisements de métaux précieux moyennant un investissement et des coûts opératoires réduits.

En collaboration avec la Suède, un programme d'étude de l'efficacité du traitement gravimétrique des métaux lourds en fines particules a été lancé.

Le difficile problème de la sélectivité de la flottation **scheelite-apatite** a été abordé à Salau avec des résultats encourageants qui doivent être testés en pilote continu.

• Sulfurés complexes

C'est dans le domaine des **minerais sulfurés complexes** que les principaux efforts du département ont été développés. C'est ainsi que les résultats des études menées sur les phénomènes de surface ont été largement utilisés en vue d'améliorer les conditions de flottation et de dépression des minerais sulfurés (thèse, coopération avec l'U.R.S.S.) : la mise au point des procédés de métrologie automatique et de traitement des données permettra de connaître en continu un certain nombre de paramètres, procédés qui seront intégrés au pilote de flottation dont le montage s'est poursuivi en 1983, permettant comme prévu des essais en continu en 1984. Ce pilote bénéficie pour sa réalisation d'une aide de l'A.N.V.A.R. et d'une coopération du L.A.R.A. de Nancy.

Des essais de **lixiviation de concentrés ou de minerais** ont également été poursuivis avec l'aide de la C.E.E. et en collaboration avec Minemet-Recherches ; ces travaux devraient aboutir courant 1984. Le B.R.G.M. et la S.N.E.A. (P), aidés par la C.C.E., se sont associés pour étudier, sur le gisement pyritique de Rouez, la **valorisation du soufre** sous forme de soufre élémentaire et celle des métaux non ferreux. En 1983, le Bureau a conduit des travaux sur la lixiviation chlorhydrique ainsi que sur la décomposition thermique qui doit la précéder ; les données expérimentales sont maintenant suffisantes pour qu'une estimation des coûts soit réalisée par une société d'ingéniérie, coûts qui seront comparés à ceux du procédé de lixiviation oxydante sous pression d'oxygène que développe la S.N.E.A. (P).

Études amont

Les recherches sur **l'étude des surfaces et interfaces minérales**, qui commandent le succès de la plupart des opérations telles que flottation ou floculation, ont, les années précédentes progressé de façon telle que des applications ont pu être menées à bien en 1983 (voir substances) ; des perfectionnements ont toutefois été recherchés : détermination par une technique potentiométrique, du point de charge nulle ; microcalorimétrie en milieu hétérogène agité ; test continu d'étude de la floculation sélective, etc. Ces études ont bénéficié de la collaboration de nombreux centres de recherches extérieurs.

Exploitation des résultats

Les travaux menés avant 1983 avaient permis au département minéralurgie de se doter d'outils d'**informatisation et de modélisation** (aide aux calculs, acquisition de données en ligne sur l'usine-pilote, programmes de simulation et de calculs de bilan matière...). Des améliorations et des acquisitions nouvelles ont été réalisées en 1983 (notamment pour ce qui concerne les simulations). Elles permettent au département de combler rapidement le retard constaté dans l'équipement en instruments informatiques des laboratoires français de minéralurgie.

Divers

• *Recyclage des déchets*

Les travaux se sont poursuivis selon différentes voies :

— mise au point d'un prototype de tri des **déchets métalliques** (aides C.C.E. et A.N.V.A.R.) à base de carbure de tungstène suivant leur teneur en métaux de valeur ;

— mise au point d'un prototype (aide C.C.E.) de séparation électrostatique et pneumatique des **papiers et matières plastiques** présents dans des fractions d'ordures ménagères ;

— assistance à la société Strival pour la conception et le montage d'une unité-pilote de combustion de fractions à haut contenu énergétique des **ordures ménagères mélangées à du charbon** ;

— études théoriques et pratiques de l'**échantillonnage de déchets** industriels (en collaboration notamment, avec l'I.N.S.A.L. et le département Informatique minière) ; ces études portant sur des populations tout à fait hétérogènes ont cependant montré la possibilité effective d'échantillonner un amas non manipulable et la capacité des équipes du Bureau à traiter des problèmes d'échantillonnages particulièrement difficiles.

Informatisation, modélisation, traitement du signal et de l'image, informatique minière

Saisie des données sur le terrain

Un développement important est à signaler dans le domaine de la saisie des données sur le terrain :

— produits géophysiques commercialisés de la gamme Syscal (résistivité, polarisation provoquée...) ;

— « carnet de terrain » informatique ;

— boussole électrique ;

— données inclinométriques (voir thème sécurité, mouvements gravitaires de terrain) ;

— analyses chimiques in situ (Syrano, analyse neutronique : voir thème Analyses in situ) ;

— définition d'un cahier des charges pour l'enregistrement informatique des pression et température de l'eau des nappes (voir thème Eau).

D'une façon générale, les problèmes matériels conditionnant la fiabilité des instruments développés au B.R.G.M. ont été bien résolus.

Saisie des données en laboratoire

La saisie des données a continué à se perfectionner dans les **laboratoires d'analyses chimiques et physiques** (chimie multi-éléments, chimie classique...) et dans **les bureaux** ; elle est devenue courante pour les hydrogéologues .

Dans le domaine de la cartographie, la saisie informatique alpha-numérique ou graphique connaîtra bientôt un important développement. Un travail préparatoire a été mené à bien en 1983 (voir thème cartographie).

Informatisation

Pratiquement toutes les unités du B.R.G.M. ont, en 1983, développé des programmes de traitement ou renouvelé des programmes existants en tenant compte des modifications intervenues dans l'équipement du Bureau en ordinateurs lourds.

— L'informatique minière a réalisé une première version opérationnelle d'un logiciel de base de données spécialisées géologiques et minières ; ce département, en liaison avec d'autres unités, a développé des recherches géostatistiques non minières dont les produits ont pu être utilisés par les géophysiciens, les géotechniciens, les géologues structuralistes, les géothermiciens.

Le département eau a travaillé au développement d'une chaîne d'acquisition et de traitement informatique des données recueillies lors des campagnes d'hydraulique villageoise sur le continent africain.

Le département gîtes minéraux a assuré un fort développement de son ensemble de programmes Fiesta grâce aux possibilités désormais offertes de traiter les données (géochimiques surtout) par des méthodes statistiques, ces travaux faisant l'objet d'une collaboration avec l'Université de Paris VI. L'utilisation de la chaîne se fait de façon à permettre à un géologue non informaticien d'utiliser les programmes de traitement.

Moyens de restitution

L'introduction des **écrans de visualisation** dans l'arsenal informatique mis à la disposition du géologue est en train de bouleverser fondamentalement l'esprit de la restitution.

On compte plus d'une centaine d'écrans alphanumériques, une vingtaine d'écrans graphiques répartis à proximité des utilisateurs, ces écrans de visualisation permettant de faire plus facilement la sélection des valeurs (graphiques d'images) à restituer définitivement.

2. Résumés des principaux résultats

GÉOLOGIE GÉNÉRALE ET CONNAISSANCE GÉOLOGIQUE RÉGIONALE

Appui à la cartographie géologique. Synthèses géologiques régionales et thématiques

RS. 1522

Age et origine des granitoïdes du batholite mancellien (Normandie, France)

Age and origin of the granitoïds of the mancellian batholith (Normandy, France)

A. AUTRAN
M. BEURRIER
J.-Y. CALVEZ
A. COCHERIE
A.-M. FOUILLAC
P. ROSSI

La synthèse des données cartographiques, pétrographiques, géochimiques, acquises par le B.R.G.M. ces dernières années sur le batholite mancellien permet de caractériser les granitoïdes qui le constituent et de proposer un mode de genèse et un âge de mise en place différent de ceux jusqu'ici proposés (Jonin et *al.* 1975, Jonin, 1981).

Les données pétrographiques démontrent le caractère peralumineux des granitoïdes (monzogranodiorites à biotite et granodiorites à biotite-cordiérite) qui se traduit par la présence de minéraux alumineux (biotite-cordiérite), de résidus métamorphiques, de résidus à sillimanite, voire de disthène connu en prospection alluvionnaire. La minéralogie des opaques est variée : les oxydes sont essentiellement l'ilménite et les sulfures variés et constants : pyrrhotine, pentlandite, chalcopyrite, pyrite, arsénopyrite, blende.

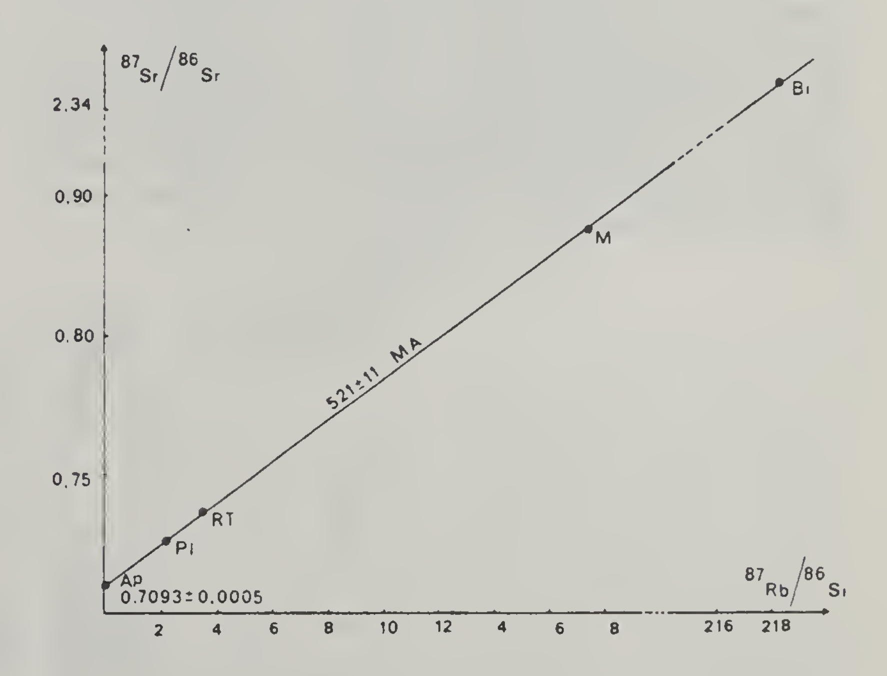
Géochimie, isotopique de l'oxygène : les $\delta^{18}O$ mesurés se répartissent en deux groupes de valeurs voisines $10,8 < \delta^{18}O < 11,2$ pour les monzogranites à biotite et $11,4 < \delta^{18}O < 12,9$ pour les granodiorites à biotite cordiérite, les termes les plus alumineux étant les plus enrichis en $\delta^{18}O$. L'ensemble de ces valeurs traduisent des phénomènes d'interaction (assimilation, échange) avec des métasédiments (Taylor, 1968).

Géochimie isotopique du soufre : les $\delta^{34}S$ vs C.D.T. montrent des valeurs nettement négatives (± 0,2) : $-6,3 <$ granodiorites à biotites cordiérite $< -3,5$, $-7,4 <$ monzogranodiorites à biotite $< -6,2$. Ces valeurs sont caractéristiques (Sasaki et Ishiara, 1979) de granitoïdes à souche crustale dominante type « Ilmenite Series ».

Géochimie isotopique du strontium : un âge de 521 ± 11 MA a été obtenu à partir d'une granodiorite de Fougères et de ses minéraux séparés ; cet âge est du même ordre que celui proposé par Pasteels et *al.* (1982) par la méthode U-Pb sur monazite : 540 ± 10 MA. Le rapport initial de 0,709 ± 0,0005 implique une genèse à partir de matériel crustal.

Les diorites quartziques du Bois du Gast présentent cependant des rapports initiaux en Sr plus bas, ces roches peuvent provenir *pro parte* de zones plus profondes.

Ces données nous conduisent à conclure que les granitoïdes mancelliens sont issus d'une souche à composante crustale majeure. Les hautes valeurs de $\delta^{18}O$ obtenues sur les fractions les plus alumineuses peuvent amener à penser que ces dernières représentent les granitoïdes dans lesquels la participation crustale est la plus importante ce qui peut expliquer leur homogénéité et par conséquent leur faible dispersion dans les diagrammes isochrones.



Références :

AUTRAN A. et al (1983). — Caractérisation des granitoïdes du batholite mancellien : implications métallogéniques. Colloque ATP géochimie et métallogénie. Bonas, juin 1983.

PASTEELS P. et DORE F. (1982). — Age of the Vire-Carolles granite. In : Numerical Dating in Stratigraphy. G.S. Odin éditeur. John Willey and Sons.

SASAKI A. et ISHIARA S. (1979). — Sulfur isotopic composition of the magnetite series and ilmenite series granitoïds in Japan. Contrib. Mineral. Petrol., vol. 68, 2, pp. 107-116.

TAYLOR H. (1968). — The oxygen isotop geochemistry of igneous rocks. *Contrib. mineral. Petrol.,* 19, pp. 1-71.

*Données nouvelles acquises au cours du levé de la feuille à 1/50 000 Château-Gontier * (Mayenne)*

New data acquired during the surveying of the 1/50 000, Chateau-Gontier (Mayenne) sheet

J. GUÉRANGÉ-LOZES
B. GUÉRANGÉ

Il a été établi dans la « série briovérienne » la succession lithostratigraphique suivante, de bas en haut : formations des grauwackes, formation des alternances silto-gréso-carbonatées, riches en pistes de vers, et formation des siltites vertes à intercalations de niveaux quartzitiques au sommet (fig. 1).

Cette série présente une évolution sédimentologique qui conduit progressivement vers le haut aux grès armoricains, auxquels elle passe en continuité de sédimentation, d'où l'absence contrôlée de discordance stratigraphique à l'échelle cartographique entre la formation sommitale « briovérienne » et les grès armoricains, datés de l'Arénig, du synclinal paléozoïque de Chenillé-Changé.

La série « briovérienne » de cette partie de la Bretagne centrale est étroitement comparable au point de vue lithostratigraphique et évolution sédimentologique aux formations cambro-ordoviciennes de Vendée et du versant Nord de la Montagne Noire (Monts de Lacaune et Albigeois).

Compte tenu de ces observations, l'hypothèse d'un âge allant de l'Infra-cambrien au Trémadocien pour la série « briovérienne » de Château-Gontier peut être envisagée.

La succession des événements tectoniques majeurs proposée à partir des données structurales acquises sur affleurements ou d'ordre cartographique est la suivante :

— *Distension E.NE-W.SW, d'âge à la limite des cycles calédonien et hercynien,* responsable de l'ouverture dans le socle profond de failles normales précoces orientées N 160° E, corrélative de la déformation en plis de « revêtement » (D_0) de la série « briovérienne » (Couloir de la Mayenne, par exemple).

— *Plissements hercyliens (D_1, phase bretonne),* avec développement de la schistosité synmétamorphique régionale S_1, d'orientation N 110° E.

— *Développement polyphasé des cisaillements N 110° E* (sud-armoricains), associés à des *décrochements N 20° E à N 45° E dextres ;* la mise en place plus à l'Ouest (feuille voisine de Craon) du leucogranite de Laigné, puis celle des filons de rhyolite ou de microgranite, se placeraient dans ce système complexe, d'âge tournaisien à westphalien.

— *Compression N-S, tardi-hercynienne,* entraînant le rejeu en failles dextres des fractures N 160° E précédentes (Couloir de fracturation de la Mayenne), conjugué avec la formation de cisaillements senestres N 20° E très subordonnés, et contrôlant la mise en place de microdiorite quartzique dans des fractures d'extension sub-méridiennes.

— *Rejeux, au Tertiaire, des accidents N 160° E* en failles normales sous l'effet d'une distension orientée à peu près E-W (ouverture des bassins éocènes et miocènes) et au *Plio-Quaternaire,* en distension sous l'effet d'une compression N.NW-S.SE.

Un autre fait important consiste en l'existence de sills de roches magmatiques basiques, développant généralement un métamorphisme de contact dans l'encaissant et affectés par la schistosité S_1 : il pourrait s'agir de témoins septentrionaux du magmatisme d'âge dévonien développé notamment dans le domaine orogénique éohercynien, au Sud de la zone broyée sud-armoricaine.

* Notice et carte à paraître.

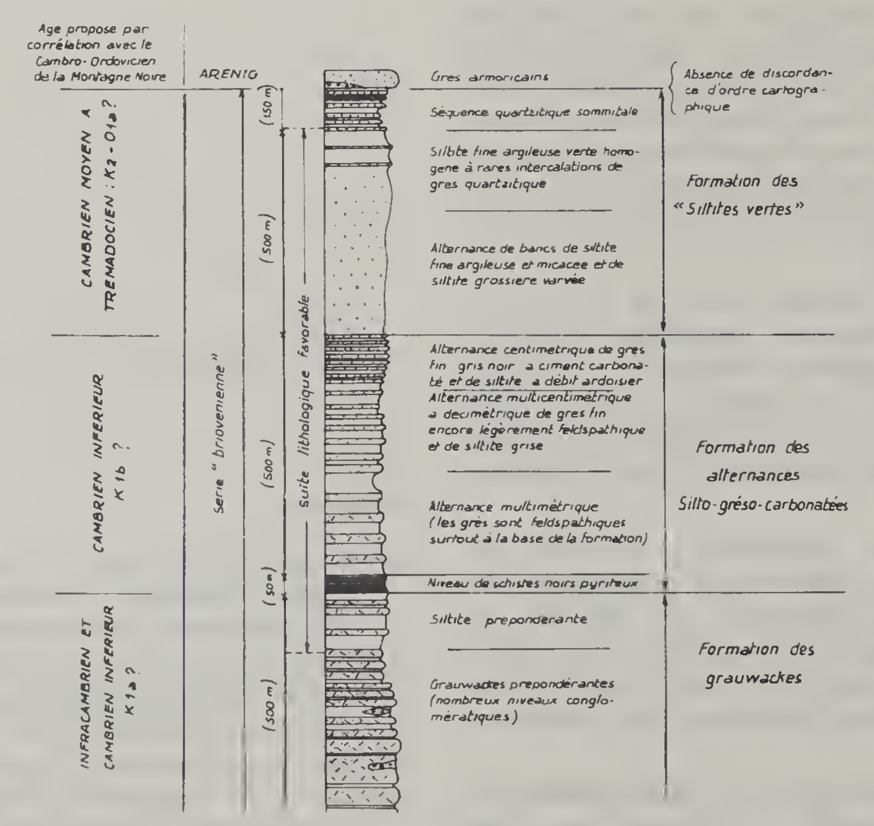


Fig. 1. — Colonne lithostratigraphique de la « série briovérienne ».

RS. 1524

Les nappes de charriage majeures de l'Albigeois cristallin *

The main overthrust nappes of the Albi crystalline rocks

J. GUÉRANGÉ-LOZES
B. GUÉRANGE

Au cours du levé cartographique de la « partie albigeoise » de la feuille à 1/50 000 Saint-Sernin-sur-Rance, réalisé de 1979 à 1982, deux unités structurales majeures ont été mises en évidence du Sud au Nord et de bas en haut : la nappe de Saint-Salvi-de-Carcavès qui chevauche vers le Sud les écailles des Monts de Lacaune, elle-même surmontée par la nappe de Saint-Sernin. Chaque unité possède un contenu lithostratigraphique et une structuration qui lui sont spécifiques, le gradient de déformation allant croissant, du Sud vers le Nord.

La nappe de Saint-Salvi-de-Carcavès correspond à une mégasynforme d'axe E-W, couchée vers le Sud. *Au point de vue lithostratigraphique,* cette unité comprend de bas en haut : une formation schisto-gréseuse verte, une formation des schistes bariolés, une formation de quartzites blancs à intercalations de porphyroïdes (ces trois termes constituant la « série verte »), une série de schistes noirs (dite « série de l'Albigeois ») à intercalations de grès siliceux gris et de phtanites à la base, de métabasaltes, puis de calcschistes au sommet ; l'âge attribué à ces formations va du Cambrien moyen à l'Arénig. *Au point de vue structural,* cette unité repose sur les écailles des Monts de Lacaune par un contact anormal faiblement incliné vers le Nord (15 à 20°) ; sa structuration interne est le produit de *deux phases de déformations tangentielles synmétamorphes,* responsables de la mégastructure et du charriage, toutes deux génératrices de schistosités pénétratives, horizontales à l'origine.

La nappe de Saint-Sernin est constituée essentiellement d'une formation rythmique gréso-pélitique épimétamorphique, de couleur grise, qui peut atteindre une puissance considérable (> 1 000 m). Cette série pourrait être un équivalent des « grès de Marcory » de la Montagne Noire, d'âge infra-cambrien à cambrien inférieur. *Au point de vue structural,* la nappe de Saint-Sernin repose sur l'unité précédente par un contact anormal également très faiblement incliné vers le Nord (10 à 15°), souligné par un niveau mylonitique. Sa structuration interne est le produit de *trois déformations tangentielles,* toutes trois génératrices des schistosités pénétratives, horizontales ou peu pentées à l'origine.

Des déformations post-nappes se superposent : une voussuration d'axe NE-SW, contemporaine de la mise en place des granitoïdes (granite du Sidobre d'âge carbonifère supérieur) puis une voussuration d'axe N-S ; la fracturation principale et la mise en place des différents systèmes filoniens (BTH) sont également un effet de ces derniers mouvements.

Extension à l'ensemble de l'Albigeois. Les deux nappes identifiées dans la région de Saint-Sernin-sur-Rance, sont représentées dans l'ensemble de l'Albigeois cristallin, ce qui donne à ces unités une ampleur considérable (fig. 1). Le tracé de la base de la nappe de Saint-Salvi-de-Carcavès reste cependant incertain au Nord du Sidobre, faute d'une cartographie précise dans ce secteur. Nous avons reconnu la partie basale de la nappe de Saint-Sernin, jalonnée par une zone mylonitique qui peut atteindre plus de 50 m d'épaisseur par endroits ; cette unité s'étend vers le Nord, très probablement jusqu'au Rouergue où elle pourrait correspondre à la série des schistes épizonaux reconnue dans la région de Najac par J.-L. Bodinier et J.-P. Burg (1980/1981) comme soubassement du chevauchement crustal de gneiss mésozonaux.

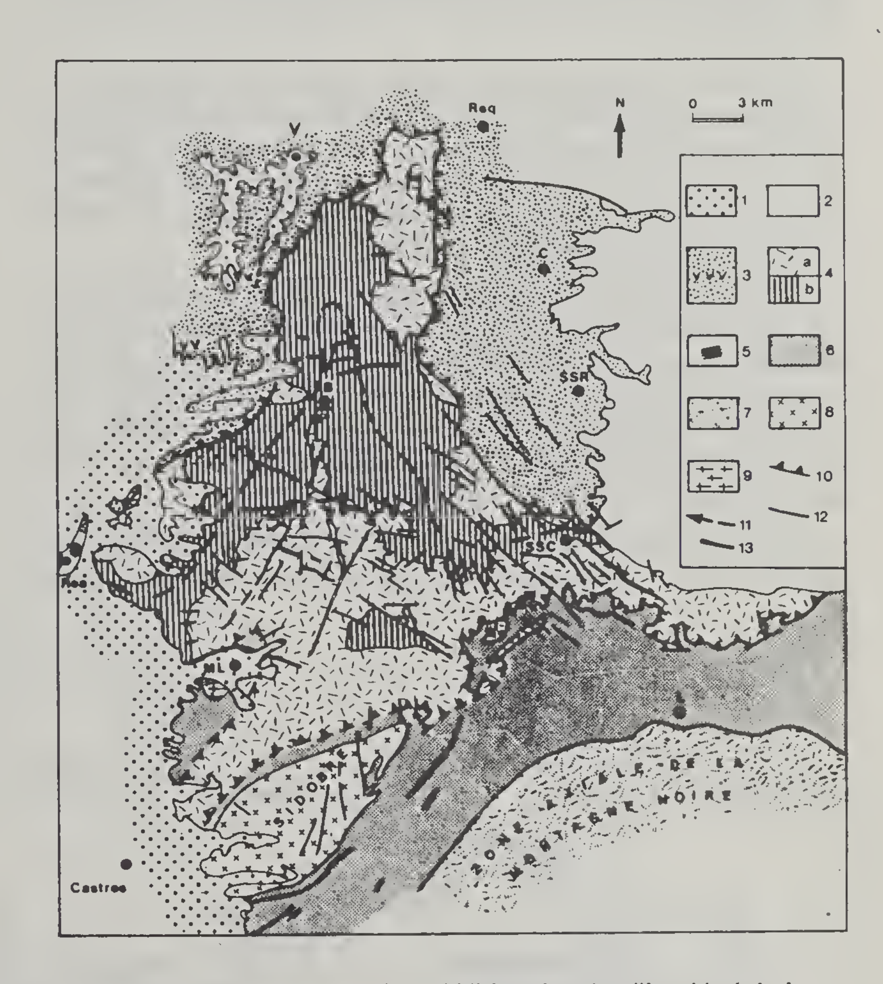


Fig. 1. — Schéma structural de l'Albigeois cristallin. Abréviations : C, Coupiac ; B, Le Burc ; L, Lacaune ; ML, Montredon-Labessonnié ; Réa, Réalmont ; Req, Réquista ; SSC, Saint-Salvi-de-Carcavès ; SSR, Saint-Sernin-sur-Rance ; V, Valence d'Albigeois. 1, Tertiaire ; 2, Permien ; 3, Nappe de St-Sernin (v, volcanisme acide distingué localement) ; 4, nappe de St-Salvi-de-Carcavès (4a, série verte ; 4b, série noire) ; 5, série leptynitique de Réalmont ; 6, écailles des Monts de Lacaune ; 7, zone axiale de la Montagne Noire ; 8, granite du Sidobre ; 9, orthogneiss de Montredon-Labessonnié ; 10, base de nappe ; 11, expression cartographique de l'axe du pli couché D 1 ; 12, faille ; 13, brèches silicifiées.

Référence :

BODINIER J.-L., BURG J.-P. (1980/1981). — Évolution métamorphique et tectonique des séries cristallophylliennes du Rouergue occidental : mise en évidence d'un chevauchement dans la région de Najac (Aveyron). *Bull. B.R.G.M., Fr.* (1), n° 4, pp. 315-340.

* Note présentée à l'Académie des Sciences en mars 1984.

RS. 1525

Le bassin permo-carbonifère d'Autun : stratigraphie, sédimentologie et aspects structuraux *

The Autun Permo-Carboniferous basin : Stratigraphy, sedimentology and structural aspects

P. MARTEAU

Le bassin d'Autun, situé au Nord-Est du Massif central, couvre une superficie de 250 km², et il est encadré au Nord et au Sud par les massifs cristallins et volcano-sédimentaires du Morvan. Il contient des dépôts continentaux d'origine fluviatile, lacustre et palustre, renfermant du charbon et datés du Stéphanien dans la partie orientale, ou caractérisés par la présence de « schistes bitumineux » et servant de stratotype à l'étage Autunien (Permien continental inférieur).

Les études stratigraphiques et sédimentologiques ont porté essentiellement sur des échantillons de forages effectués d'une part dans les formations du sommet du Stéphanien, d'autre part dans les assises de l'Autunien inférieur. Elles ont été complétées par les levés de coupe sur le terrain et par des travaux de sismique réflexion.

Il a ainsi été possible de préciser la limite des formations stéphaniennes et autuniennes en comparant leur contenu palynologique et leurs lithologies, puis de mettre en évidence les principaux traits et les variations de faciès de l'Autunien inférieur. Les structures des secteurs étudiés ont été déduites des travaux de subsurface et reportées sur une carte géologique synthétique du bassin.

Des sujets de recherches plus spécifiques ont été abordés. Ce sont : l'observation des figures sédimentaires (expliquant les déformations diagénétiques précoces) ainsi qu'une analyse géochimique de la matière organique contenue dans les niveaux carbonés.

Celle-ci, d'origine algaire et libero-ligneuse, a subi une évolution qui l'a conduite au début de la zone de catagenèse, se traduisant par une faible production d'huiles. Cependant, la presque totalité des hydrocarbures ne peut être obtenue qu'après craquage du kérogène à température élevée. Les relations des éléments traces avec cette matière organique sont plus ou moins marquées : il y a enrichissement en Cu, Ni, Co et Zn, mais d'autres éléments organophyles, comme Cr et V, sont plutôt liés à la phase silicatée.

On constate surtout une bonne répartition des éléments majeurs et traces, en liaison avec les lithofaciès.

Un aperçu plus global de l'histoire du bassin, des mécanismes tectoniques qui sont à l'origine de sa création, et de leur influence sur la sédimentation, complète les études précédentes, permettant de proposer un modèle paléogéographique des milieux de sédimentation fluvio-lacustres du bassin d'Autun (cf. figure).

* Thèse de 3e cycle soutenue le 17 juin 1983, Université de Dijon.

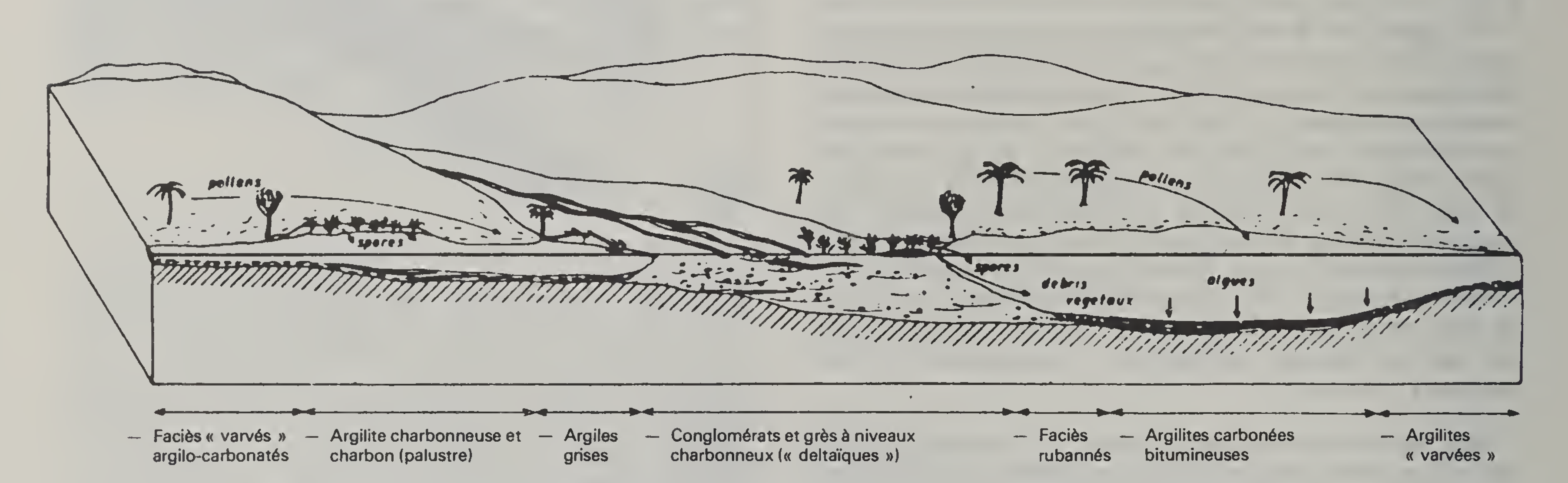


Schéma paléogéographique synthétique de différents milieux de développement de la végétation, et de dépôts détritiques et phytogènes dans le bassin d'Autun à l'Autunien inférieur.

Le complexe ophiolitique d'Al Ays : (Arabie Saoudite) pétrologie et évolution structurale

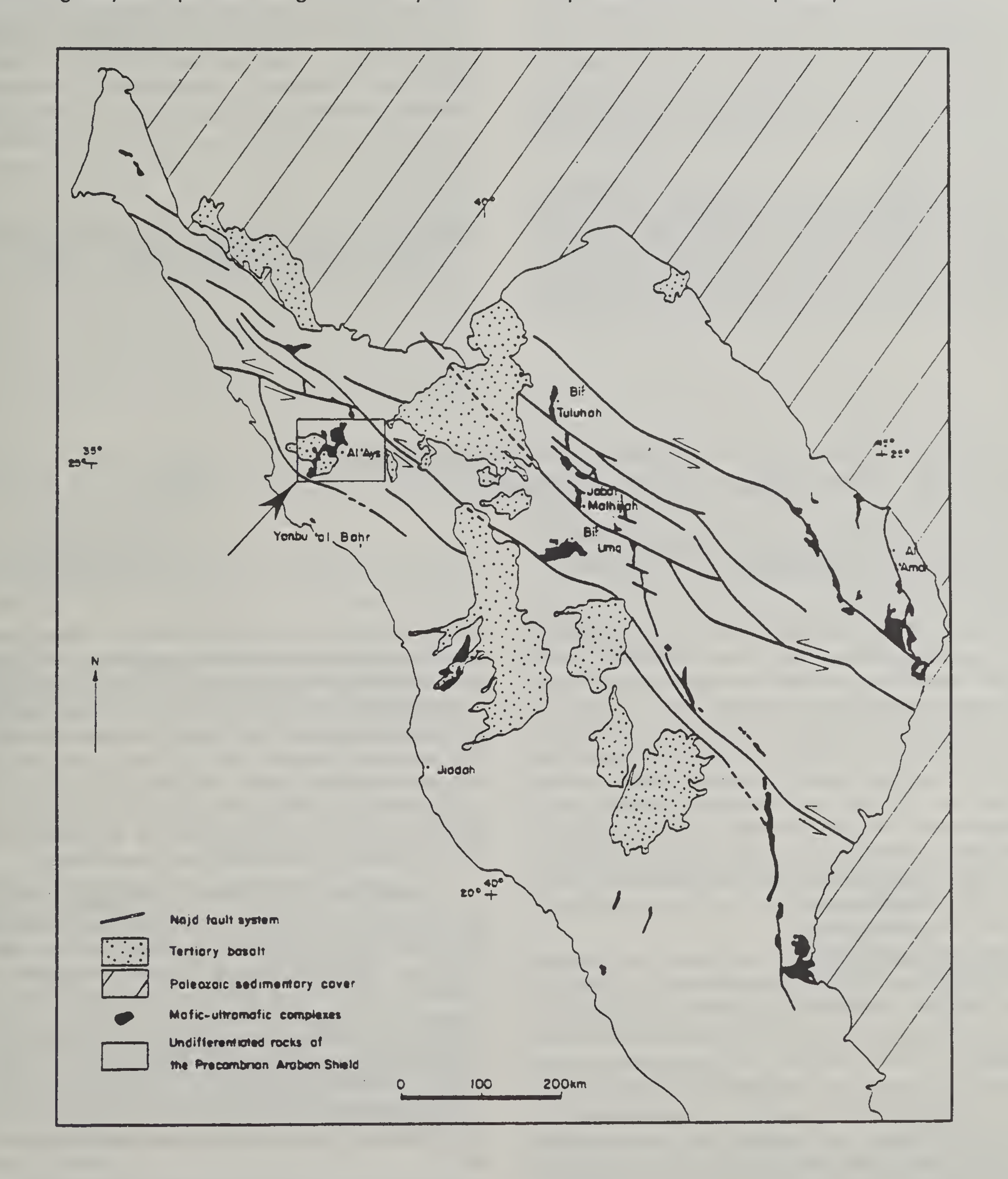
The Al Ays ophiolitic complex
Petrology and structural evolution (Kingdom of Saudi Arabia)

P. LEDRU
T. AUGE *

Les roches basiques et ultrabasiques qui affleurent le long de lignes structurales majeures du bouclier arabe *(voir figure)* ont été étudiées dans la région d'Al Ays. Il s'agissait notamment de définir les relations existant entre ces plutons et leur encaissant volcanosédimentaire.

Le complexe d'Haja, défini par l'étude géométrique des structures, caractérise un événement magmatique majeur dans l'évolution géodynamique de la région d'Al Ays. De bas en haut, plusieurs unités sont distinguées : harzburgite, dunite intermédiaire à lentilles de chromite, dunite - wehrlite ; lits pyroxéniques, gabbros lités et rodingitisés et roches gabbro-dioritiques massives. Un massif de plagiogranite circonscrit et paraissant le terme le plus différencié a donné un âge de 776 MA (Calvez, comm. pers.).

Le chimisme des harzburgites implique une origine mantellique résiduelle. Le liquide produit durant la fusion du



manteau supérieur s'est accumulé dans une chambre magmatique à la partie inférieure de la croûte. La séquence cumulative, surmontant l'unité harzburgitique, s'est développée dans cette chambre magmatique. Le magma était riche en magnésium et l'injection de liquides indifférenciés explique les quelques discontinuités minéralogiques observées durant l'accumulation de l'unité dunitico-wehrlitique. Jusqu'à ce stade, l'évolution est tout à fait similaire à l'évolution connue dans les complexes ophiolitiques. Toutefois, il n'existe pas de séquence gabbroïque litée épaisse et la partie supérieure d'un complexe ophiolitique classique manque (« sheeted dyke complex », laves, chertites...).

Il est difficile de savoir si les plutons gabbro-dioritiques sont les produits de différenciation de la chambre magmatique ou si ils ont une autre origine, car ils sont pour une part intrusifs dans les séquences cumulatives différenciées. D'autre part, il existe peu de données sur la pétrologie des gabbros. De toute façon il est probable qu'un changement des conditions géodynamiques a induit l'ascension diapirique des gabbros et remonté des séquences ultramafiques le long d'une zone de faiblesse profonde de la croûte.

A l'exception de quelques zones où les plutons gabbro-dioritiques sont intrusifs dans un encaissant volcanosédimentaire métamorphique (amphibolite faciès), les relations géométriques actuelles entre les unités géologiques sont liées à un événement orogénique très tardif qui affecte les séries volcanosédimentaires remaniant les produits d'érosion des roches basiques et ultrabasiques. L'ensemble comprenant le complexe d'Haja et « l'encaissant » volcanosédimentaire ne peut donc pas constituer une série ophiolitique complète.

La déformation liée à cet événement très tardif est caractérisée par une schistosité dont l'orientation varie de N 140° E à NS (modérément développée dans les roches sédimentaires des groupes d'Al Ays et d'Hadiyah) et par des zones de cisaillement sub-verticales localisées notamment à la périphérie du complexe ophiolitique. Ces zones correspondent soit à des surfaces de chevauchement (orientées NS) soit à des décrochements sénestres (orientés E-W à N 140° E). La déformation est à l'échelle régionale fortement inhomogène en raison de l'existence locale de brusques gradients de déformation aux abords de ces grandes failles. L'analyse structurale permet ainsi de caractériser un cisaillement crustal majeur. Les décrochements senestres observés sont corrélés au système des failles Najd et résultent probablement d'une collision continentale située plus à l'Est, le long de la suture d'Idsas.

Référence :

LEDRU P. et AUGE T. (1984). — The Al Ays ophiolitic complex. Petrology and structural evolution. Open file report, B.R.G.M. Djeddah OF-04-15.

* G.I.S./B.R.G.M./C.N.R.S.

RS. 1527

Évolution d'un pluton calco-alcalin post-tectonique : le Jabal Liban, N.W. Hijaz, Arabie Saoudite

Evolution of a typical post-tectonic calc-alkaline pluton : Jabal Liban, N.W. Hijaz, Kingdom of Saudi Arabia

L. LE BEL *
J.-Y. CALVEZ

Le Jabal Liban est une des expressions du plutonisme calco-alcalin post-orogénique qui s'est développé assez largement sur l'ensemble du bouclier Arabe lors des derniers événements pan-africains. Il s'est mis en place à l'Ouest de la shear-zone d'Ajjaj au Nord d'Al Wajh à la faveur de mécanismes de « stoping », dans les formations du Zaam group. C'est un pluton composite formé de gabbros marginaux au N.E. et d'une structure centrale constituée principalement de granodiorites et de monzogranites, et flanquée au Nord d'une barre de syénogranites formant le Jabal Liban. Des bouffées de granites à feldspaths alcalins se développent au sein des syénogranites et ont fourni des anomalies en Sn.

Du point de vue pétrographique, on assiste au passage graduel d'un régime subsolvus (granodiorites, monzogranites) à un régime nettement hypersolvus (granites à feldspaths alcalins), les syénogranites (transsolvus) assurant la transition.

La géochimie des éléments majeures et en traces tend à montrer que gabbros et granites s.l. appartiennent à deux systèmes différents. Les gabbros ont des spectres de Terres Rares peu fractionnés $(La\text{-}Yb)_N \sim 1$ au niveau d'environ 20 fois le niveau chondritique. Les granodiorites, monzogranites et syénogranites sont les produits d'une évolution régulière mettant principalement en œuvre le fractionnement du plagioclase lors de processus de cristallisation fractionnée. Les spectres de Terres Rares « s'emboîtent » parfaitement et l'on passe des granodiorites caractérisées par un fractionnement $(La/Yb)_N \simeq 9$ et une anomalie négative de Eu (Δ Eu = Eu*/Eu) de 1.5, à des syénogranites avec $(La/Yb)_N \simeq 3.5$ et Δ Eu = 2.4. Les granites à feldspaths alcalins exsolvent une phase fluide qui perturbe l'ensemble de la répartition des éléments traces, en particulier les Terres Rares.

L'investigation du système isotopique Rb/Sr montre que les granodiorites, monzogranites et syénogranites définissent une isochrone donnant un âge de mise en place de 587 ± 15 Ma (2 σ) et un rapport initial de 0.7037 ± 6 (2 σ). Les gabbros sont situés nettement endessous de cette isochrone de référence et sont issus d'une source moins radiogénique dont le rapport $(^{87}Sr/^{86}Sr)_{587Ma}$ aurait été de 0.7027 (ΔSr = 1.10^{-3}).

Les granites à feldspaths alcalins se dispersent autour de l'isochrone et sont perturbés par l'évolution deutérique.

Les valeurs de $\delta^{18}O$ (en roches totale) des granites s.l. sont relativement élevées (7 mesures, $\bar{X} = 9.1$ ‰ vs

SMOW et σn = 0.8) et indiquent une vraisemblable participation de matériel crustal dans la magmatogenèse.

Tous ces éléments plaident en faveur d'un modèle de pétrogenèse d'interaction manteau-croûte, où un liquide gabbroïque dérivé du manteau induit l'anatexie crustale d'un matériel mixte (volcano-détritique) produisant un liquide de type granitoïde soumis à un fractionnement important de plagioclase. Des phénomènes tardi-magmatiques mettant en œuvre des transferts d'éléments en phase fluide, complètent l'évolution et amènent à des concentrations limitées d'éléments incompatibles, tel Sn.

* Centre de synthèse et chimie des minéraux G.I.S. C.N.R.S.-B.R.G.M., 1 A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans Cedex.

RS. 1528

Évolution plutonique de la région d'Al Amar-Idsas, Arabie Saoudite

Granitic evolution of the Al Amar-Idsas area, Kingdom of Saudi-Arabia

L. LE BEL *
M. LAVAL

La région d'Al Amar est formée d'épaisses piles volcaniques (andésites à dacites) dans lesquelles se mettent en place successivement dans l'intervalle 670-550 MA des granitoïdes constituant des suites diorite-tonalite-trondhjémite (groupe I), des plutons calco-alcalins (groupe II) et des granites à feldspaths alcalins (groupes III et IV). La géochimie des éléments majeurs et en traces confirment ces regroupements et montrent les principales caractéristiques des groupes :

— groupe I : faibles teneurs en Rb et Sr (50 et 100-400 ppm respectivement) et spectres de Terres Rares peu fractionnés : $(La\text{-}Yb)_N \sim 2$ à 3 avec faibles anomalies négatives en Eu ;

— groupe II : plus riches en Rb (50-150 ppm), teneurs en Sr variables (50-1 000 ppm), et surtout spectres de Terres Rares très fractionnés : $(La/Yb)_N \sim 6\text{-}22$ mais absence d'anomalie de Eu ;

— groupe III : sensiblement plus riches en Tb (150-200 ppm) avec encore des spectres de Terres Rares fractionnés mais anomalies négatives en Eu très développées ;

— groupe IV : regroupe quelques granites « spécialisés » possèdent des hautes teneurs en Rb (300-400 ppm) et en Sn (28-66 ppm) et aussi caractérisés par des spectres de Terres Rares en forme de « mouette » : pas de fractionnement soit $(La/Yb)_N \simeq 1$ et anomalie négative en Eu importante.

La géochimie isotopique de l'oxygène combinée aux données d'éléments en traces suggère que le groupe I ($\delta^{18}O \sim 7\ ^0/_{00}$) est dérivé du manteau, que le groupe II est probablement issu de la refusion du groupe I et des produits volcaniques associés, et que les groupes III et IV. ont une composante crustale importante dans leurs matériaux sources.

L'interprétation géodynamique de ces données montrerait un arc insulaire, où le groupe I forme le soubassement granitique, qui entre en collision avec un bloc continental (bloc d'Afif). Cette collision génère les granites calco-alcalins syn-à-tarditectoniques (groupe II) se mettant en place à la fois dans l'arc et dans le prisme d'accrétion situé à l'ouest (schistes d'Abt). Les granites post-tectoniques enfin se développent surtout dans la région d'Afif déjà cratonisée lors d'un cycle antérieur (ante 680 MA) et soumise à des écaillages crustaux et générateurs de zones de cisaillement et d'épaississement crustal lors de la collision entre le bloc d'Afif et l'arc nouveau d'Al Amar.

* Centre de synthèse et chimie des minéraux, G.I.S. C.N.R.S.-B.R.G.M., 1 A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans Cedex.

RS. 1529

Nouvelles données sur le Jurassique d'Arabie centrale

New data on the Jurassic of Central Arabia

LE NINDRE Y.-M.
MANIVIT J.
VASLET D.
avec la collaboration de
ENAY R. * et MANGOLD C. **

Après plusieurs années de travaux, le point est fait sur les nouvelles données litho-stratigraphiques, les paléoenvironnements, les faunes d'Ammonites, les autres faunes, ainsi que les corrélations à travers le Jurassique de la bordure occidentale des bassins sédimentaires du centre de la Péninsule d'Arabie.

Les affleurements jurassiques étudiés sur près de 1 000 km de long du Nord au Sud du bassin, ont livré une faune d'Ammonites qui a permis de préciser le schéma stratigraphique existant, dont les grandes lignes ont été reprises ci-dessous.

* Université Lyon I et Laboratoire associé C.N.R.S., n° 11 - 27-43, bd du 11-Novembre, 69622 Villeurbanne Cédex.
** Université de Nancy I - B.P. 239, 54506 Vandœuvre-les-Nancy.

PREVIOUS RESULTS						LITHO STRATIGRAPHY				R. ENAY, Y.M. LE NINDRE, C. MANGOLD, J. MANIVIT and D. VASLET				
W.J. ARKELL, 1957, 1956		R. IMLAY, 1970		R.W. POWERS, 1968	Z. LEWY 1981, 1983	FORMATIONS	MEMBERS		UNITS	CHARACTERISTIC FAUNAS		CORRESPONDING EUROPEAN ZONES	SUBSTAGES and STAGES	
P. jubailensis	KIMMERIDGIAN	NOT STUDIED		KIMMERIDGIAN	NOT STUDIED	JUBAILA LIMESTONE		Lower Jubaila	J1		? ? Perisphinctes jubailensis and ssp	?	?	KIMMERIDGIAN
	OXFORDIAN					HANIFA FORMATION		Ulayyah	H2		? ?	?	Late ?	OXFORDIAN
								Hawtah	H1		Euaspidoceras gr catena perarmatum	Plicatilis	Middle	
											?	?	?	?
	CALLOVIAN		OXFORDIAN	OXFORDIAN		TUWAIQ MOUNTAIN LIMESTONE		Qaddiyah	T3					
		?						Haysiyah	T2		Erymnoceras, Pachyerymnoceras; "Prorsiceras" gr hatirae	Coronatum	Middle	CALLOVIAN
Erymnoceras		Pachyceras, Erymnoceras,	CALLOVIAN	CALLOVIAN				Baladiyah	T1					
?		E'Pachyerymnoceras)			UPPER CALLOVIAN	DHRUMA FORMATION	UPPER	Hisyan	D7		Grossouvria and Proplanulitids			
		Grossouvria			Unconformity			Atash			? ?	?	?	?
Dhrumaites	Upper ? Lower and Middle BATHONIAN	Dhrumaites	BATHONIAN	BATHONIAN	UPPER BATHONIAN		MIDDLE	Mishrbq	D6		Dhrumaites	?	?	BATHONIAN
Micromphalites		Micromphalites			MIDDLE BATHONIAN			Barrah	D5		Micromphalites	Zigzag	Early	
Tulites		Tulites						Uwaynid	D4		Tulites			
Thambites		Thambites			NOT STUDIED			Jufayr	D3		Zigzagiceras (Franchia) sp Thambites and "Clydoniceras" (gr avus)	Parkinsoni		
		Spiroceras								Ermoceras faunas	Ermoceras gr mogharense and Spiroceras	Garantiana	Late	BAJOCIAN
Ermoceras	BAJOCIAN	Ermoceras ?	BAJOCIAN	BAJOCIAN			LOWER	Dhibi	D2		Principal Ermoceras fauna	Subfurcatum		
?		Dorsetensia									First Ermoceras fauna with Dorsetensia	Humphriesianum	Middle	
										Sonninids faunas	Dorsetensia, Normannites, Stephanoceras	? Sauzei		
Dorsetensia								Balum	D1		"Sonninia" tessoniana	Laeviuscula	Early	
											"Shirbuirnia"			
											Euhaploceras and Hyperlioceras	Discites		
											? ?	?		?
Nejdia	TOARCIAN	Nejdia	TOARCIAN	TOARCIAN		MARRAT FORMATION	Upper	Hadbah	Mu		Nejdia and Parahildoceras	Bifrons	Middle to Late	TOARCIAN
Bouleiceras		Bouleiceras					Middle	Qarain	Mm		Bouleiceras and Protogrammoceras	Serpentinum	Early	
							Lower	Shaqra	Ml		? ?	?	?	?

Les définitions des formations lithostratigraphiques ont été reprises et précisées sur le tableau de corrélation, les zones d'Ammonites précisées et le contenu faunistique et la microfaune évoquée.

Enfin, chaque unité lithostratigraphique est replacée dans son paléoenvironnement qui permet de dresser l'histoire géologique du bassin depuis le Lias jusqu'à la fin du Jurassique supérieur. Un schéma de ces faciès de dépôt illustre les variations de milieu du Nord au Sud du bassin.

Référence :

Note sous presse au Professional Pper du DMMR à Jeddah KSA. The Jurassic of Central Saudi Arabia. New data on lithostratigraphic units, paleoenvironments, Ammonites faunas, ages and correlations.

Géologie profonde de la France

RS. 1530

Étude structurale et pétrographique du chevauchement du Haut-Limousin

Structural and petrographic study of the Haut-Limousin thrust zone

P. LEDRU
A.-M. HOTTIN

L'étude structurale et pétrographique des séries métamorphiques du Haut-Limousin a permis de caractériser un chevauchement majeur dans la région de Saint-Germain-les-Beiles durant l'orogenèse éohercynienne (Dévonien). L'unité des gneiss plagioclasiques chevauche les séries inférieures (para et orthogneiss). Le contact de base de cette nappe est souligné par une bande mylonitique d'une cinquantaine de mètres de puissance qui affecte un terme leptynitique de base et des roches ultrabasiques qui jalonnent le contact basal.

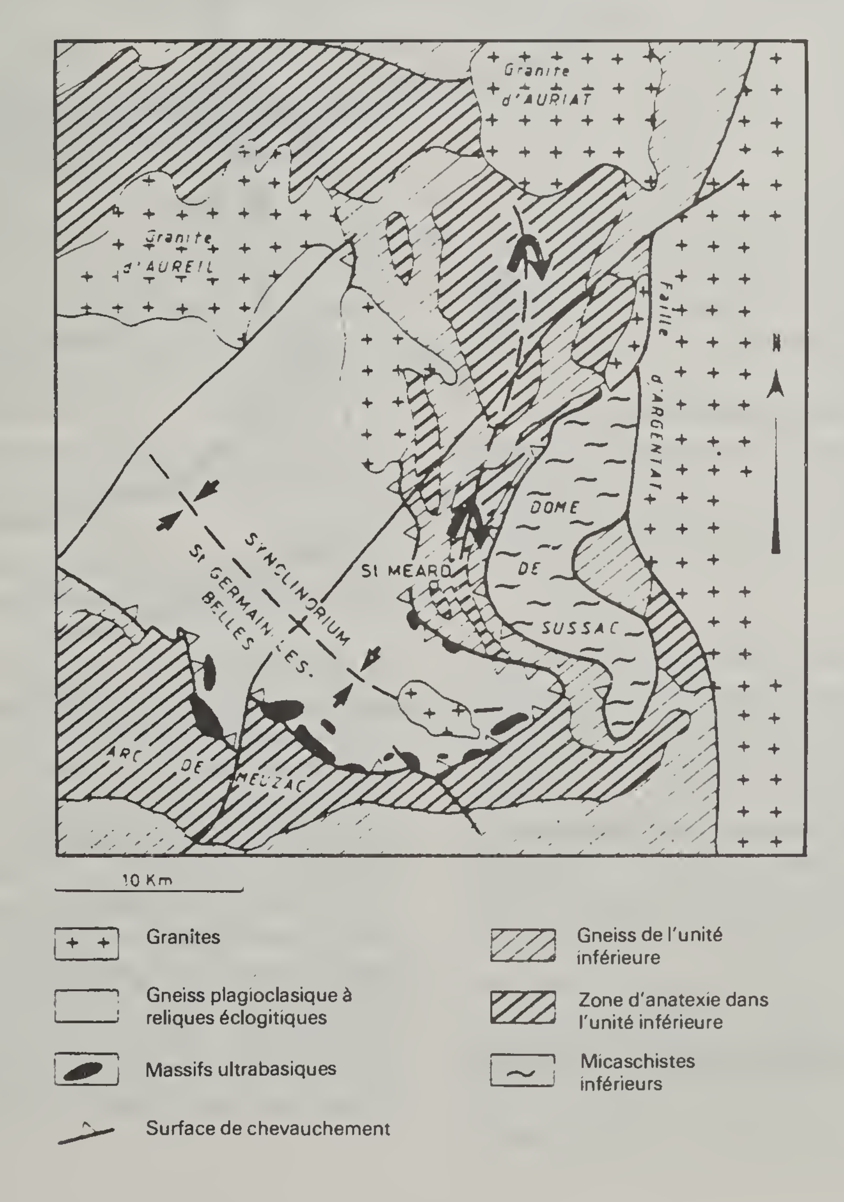
La déformation de l'unité chevauchante est contemporaine du métamorphisme régional à staurotide - disthène et se marque par une foliation S_1 et une linéation minérale N 310° E. La coupe effectuée montre que la foliation devient mylonitique vers la base du chevauchement et qu'une zone en constriction peut être définie (fabrique L > S). Dans le secteur étudié il n'a pas été observé sur les affleurements de critères microstructuraux permettant de définir le sens de mouvement et de fonctionnement de ce chevauchement.

L'anatexie qui suit le métamorphisme barrovien provoque une fusion partielle ou totale des séries inférieures. Cette anatexie s'accompagne d'un plissement déversé vers le Nord-Est (antiforme de Saint-Méard, à cœur anatectique) postérieur à la foliation S_1.

L'évolution des conditions métamorphiques (du faciès barrovien à l'anatexie), et des types structuraux est expliquée en terme d'épaississement crustal provoqué par un chevauchement et la mise en place de nappes à reliques de métamorphisme antérieur haute pression - haute température (essentiellement reliques éclogitiques).

Référence :

LEDRU P. et HOTTIN A.-M. (1984). — Étude structurale et pétrographique du chevauchement du Haut-Limousin. *A paraître dans Colloque Géologie Profonde de la France.* Documents du B.R.G.M., n° 80 à 91.



Géométrie et cinématique de la déformation hercynienne dans le bassin briovérien de Josselin-Loudéac (Massif armoricain) (coupe de la Chèze)

Geometry and kinematics of the hercynian deformation in the brioverian basin of Josselin-Loudéac (Massif armoricain)

P. LEDRU
J. CHANTRAINE
J.-J. CHAUVEL *

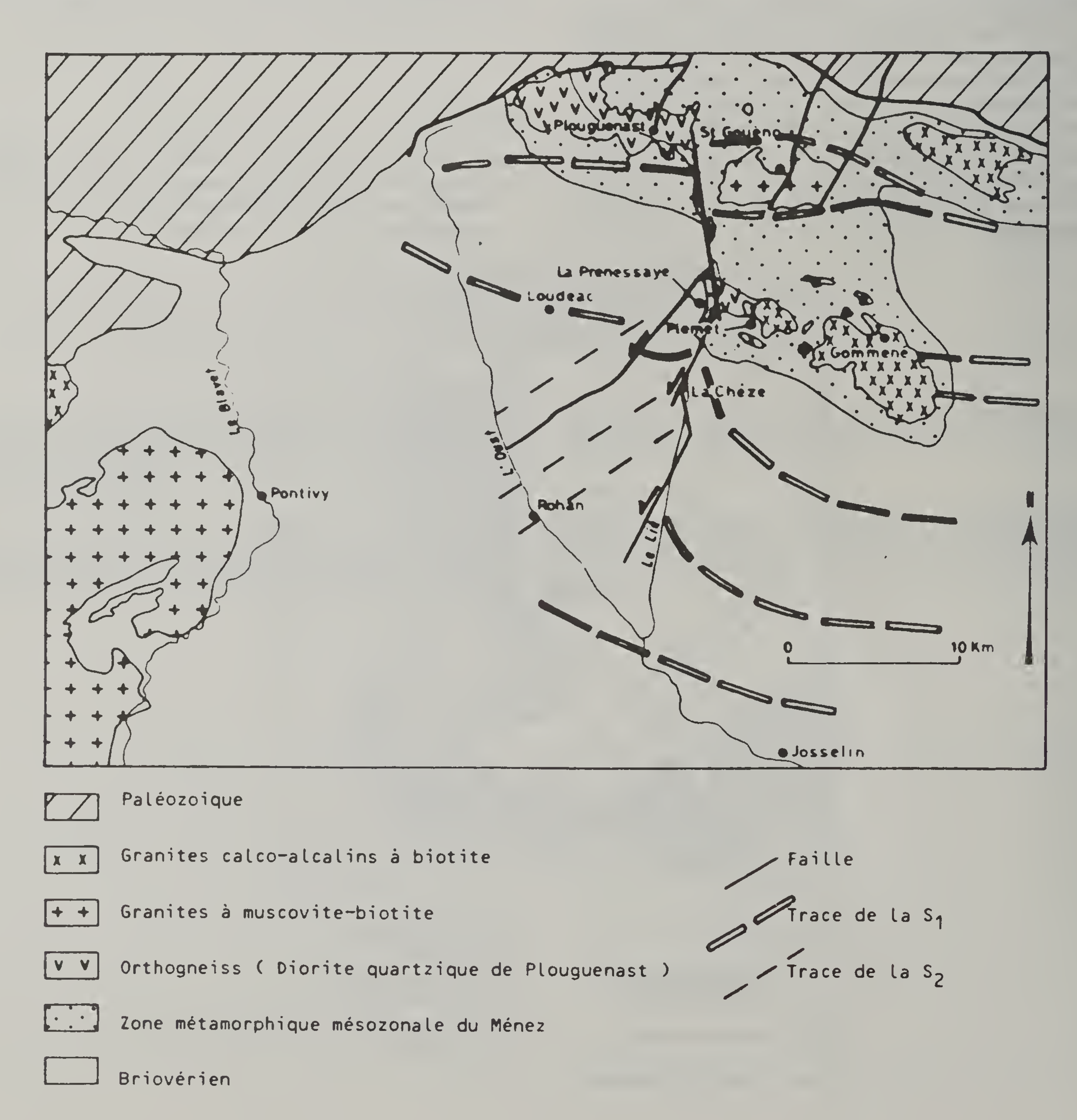
L'étude de la coupe de la Chèze (Josselin-Rohan-Plouguenast) permet de préciser la lithologie et de reconstituer la structure de l'extrémité ouest du bassin briovérien de Bretagne centrale. Plusieurs niveaux stratigraphiques sont reconnus, empilés dans un synclinorium d'orientation E-W, déversé vers le sud au sud de la région.

Les séries briovériennes étudiées montrent un épimétamorphisme contemporain de la schistosité régionale hercynienne S_1 et une schistosité postérieure S_2. Cet épimétamorphisme est mis en relation avec les massifs granitiques affleurant à proximité et connus par géophysique à faible profondeur.

Une virgation des structures de stratification et de la schistosité 1 est enregistrée à l'échelle de la région. Les directions régionales subissent une rotation de près de 90° aux abords de la faille de la rivière du Lié. De plus une schistosité S_2N 50 à 60° E est superposée à S_0-S_1 dans une bande parallèle à cette faille. Aux abords du granite de Plémet, la S_2 est contemporaine de la mise en place du massif granitique.

Ainsi deux épisodes de déformation-métamorphisme peuvent être caractérisés :

— plissement des strates briovériennes et schistosité hercynienne, corrélés à la phase bretonne, début du Car-



bonifère, synchrone d'un flux de chaleur lié au plutonisme rattaché classiquement à cette phase :

— fonctionnement d'une zone en décrochement senestre N 20 à 40° E, à failles décrochantes dextres conjuguées N 150° E, s'accompagnant du développement d'une schistosité 2, synchrone, au Nord, de la mise en place du granite tardihercynien de Plémet-Gémmené.

Dans cette coupe, la structuration du bassin s'explique sans avoir à envisager de structuration cadomienne — aucune structure sur le terrain allant dans ce sens n'a été observée — la virgation de S_0 et de S_1 étant liée à un épisode tectonique postérieur.

Au nord de la coupe, J.-F. Saunier a montré que la foliation des micaschistes à biotite sillimanite est contemporaine de la mise en place du granite de Saint-Gouëno et de l'orthogneissification de la diorite de Plouguenast. Il apparaît dans cette étude que cette déformation est associée à des décrochements ductiles dextres suivant une direction proche d'Est-Ouest et que la foliation passe en continuité à la schistosité régionale S_1 hercynienne sans qu'aucune superposition soit observée. L'âge du leucogranite de Saint-Gouëno fourni par Vidal (455 MA) paraît donc devoir être remis en question, cette intrusion ayant tous les caractères des intrusions classiquement associées à la phase bretonne.

Références :

LEDRU P., CHANTRAINE J., CHAUVEL J.-J. et SAUNIER J.-F. (1984). — Étude lithostratigraphique et structurale du bassin briovérien de Josselin-Loudéac (Massif armoricain), coupe de la Chèze. *A paraître dans Colloque Géologie Profonde de la France.* Documents du B.R.G.M., n° 80 à 91.

* Institut de Géologie, Université, Campus Beaulieu, 35042 Rennes Cedex.

RS. 1532

Cartographie des couloirs fortement fracturés et analyse cinématique des fractures tectoniques de la région du Cézallier

Highly fractured stripes and faults and kinematics analysis of the Cézallier metamorphic series

J.-L. FEYBESSE

Pour modéliser les circulations fluides, une caractérisation de l'état de fracturation de la série métamorphique du Cézallier a été menée en procédant à un relevé systématique de la fracturation. Ce relevé effectué sur 23 profils continus, répartis sur l'aire d'émergence des sources minérales froides du groupe de Chantejaïl, a permis :

— une détermination des familles directionnelles de fractures affectant la région, établies d'après un traitement statistique sur canevas de Schmidt ;

— une approche des phases tectoniques auxquelles sont liées les décrochements et les failles normales ou inverses rencontrées (tableau 1) ;

— une détermination quantitative de la fréquence de fracturation. Celle-ci a été calculée à partir des données obtenues sur chaque profil, soit pour toutes les fractures (la fréquence est alors le rapport : nombre de fractures observées / longueur du profil), soit pour chaque famille directionnelle de fractures grâce à une détermination statistique de la classe représentative des valeurs d'espacements interfracturaux les plus fréquentes. L'espacement interfractural étant la distance séparant deux fractures de la même famille directionnelle et la fréquence représente le nombre de fractures de la même famille par mètre. Le report cartographique de ces données ponctuelles permet de délimiter des couloirs de fracturation intense. *Le tracé de ces couloirs souligne qu'aucun contrôle lithologique n'intervient dans la répartition de la fracturation.*

— **Famille N.NW-S.SE.** La répartition des fréquences dessine une bande peu fracturée, s'étendant entre Ardes-sur-Couze et Massiac, qui se superpose à l'aire d'émergence des sources du groupe de Chantejaïl.

— **Familles N.NE-S.SW.** Des couloirs fracturés s'individualisent à hauteur de Rentières-de-Blesle, de Laurie et du Grenier-Montgon. Ceux de Rentières et du Grenier-Montgon sont respectivement conformes à la faille bordière de Limagne ou à la vallée de l'Alagnon.

— **Familles NE-SW et W.SW-E.NE.** Pour la famille W.SW-E.NE, les couloirs de Saint-Alyre-es-Montagne et de Laurie se superposent à des discontinuités géophysiques et également, pour le second à la très grosse faille de Laurie-Lussaud. Les indices de stibine de Laurie sont situés dans le couloir de Laurie qui passe à proximité de la mine de stibine d'Ouche. Celle-ci s'inscrit dans le couloir fracturé NE-SW de Massiac. Cette corrélation est en accord avec les observations de J.-J. Périchaud montrant que la stibine se réparti préférentiellement selon ces directions de fractures.

— **La famille NW-SE.** Le ou les couloirs NW-SE d'Ardes-sur-Couze soulignent l'influence de la faille bordière NW-SE de Limagne. De plus ces couloirs coïncident avec la zone où un bon conducteur électrique existe (Demange et al., 1984) en profondeur.

Ces observations montrent la fiabilité et l'intérêt d'une approche cartographique de la répartition des fréquences de fracturation calculées par une méthode statistique. L'exemple de la stibine, montre qu'une approche similaire avec les remplissages sub-actuels permettrait une reconstitution des structures drainantes.

	PHASES TECTONIQUES ET AGE PROBABLE
	COMPRESSION EW ? Miocène Failles inverses NNW-SSE Reprise des failles NW-SE ?
	DISTENSION OLIGOCENE WSW-ENE à WNW-ESE Failles normales NS à NNE-SSW Reprise ou initialisation des failles normales NE-SW et reprise des failles NW-SE.
	COMPRESSION NS à NW-SE (Eocène inf. et moy.) Failles inverses NW-SE, NE-SW et WSW-ENE Reprise des failles NNE-SSW ou NNW-SSE
	DISTENSION NW-SE ? Failles normales NE-SW et reprise en failles normales des décrochements NE-SW.
	COMPRESSION E-W (Stéphanien sup.) Décrochements : NE-SW dextres - NW-SE senestres
	COMPRESSION NW-SE tardi hercynienne (Stéphanien inf. et moy.) Décrochements : E-W à ESE-WNW dextres.
	COMPRESSION N-S tardi hercynienne Décrochements : NNE-SSW senestres NNW-SSE dextres

Tableau 1. — Succession des phases tectoniques cassantes

Référence :

FEYBESSE J.-L. (1984). — Cartographie des couloirs fortement fracturés et analyse cinématique des fractures tectoniques de la région du Cézallier. *A paraître dans le Colloque Géologie Profonde de la France.* Documents du B.R.G.M. n° 80 à 91.

Géodynamique

RS. 1533

Le volcanisme sous-marin néogène récent au large des côtes caraïbes des Antilles françaises. Relations avec le volcanisme à terre et évolution du front volcanique *

Late Neogene submarine volcanism of the west coasts of the French West Indies. Relationships with onshore volcanism, and evolution of the volcanic front

P. BOUYSSE
D. WESTERCAMP
P. ANDREIEFF
J.-C. BAUBRON

Une campagne de dragages de roches (Arcante 3) a permis de reconnaître trois volcans sous-marins éteints, situés sur les pentes insulaires occidentales de Martinique et de Guadeloupe.

En Martinique, le volcan de Schœlcher (laves en coussinets très altérées) est plus vieux que 4,2 MA. Il est situé dans le prolongement d'une des failles de l'accident complexe (E.NE-W.SM) du Lamentin qui coupe l'île en deux. Sa mise en place pourrait avoir eu lieu à la fin de l'activité de la séquence volcanique (essentiellement sous-marine) miocène ou bien au tout début de celle de l'arc interne (début du Pliocène).

En Guadeloupe, les volcans de Vieux-Fort (de nature basaltique à andésitique basique) et du Directeur (andésite à deux pyroxènes) ont des âges respectifs de 2,5 à 2 MA et de 3,7 à 3,3 MA.

Le volcan de Vieux-Fort se trouve dans le prolongement des volcans basaltiques des Monts Caraïbes et du morne Liquin qui occupent l'extrémité sud de l'île de la Basse-Terre. On suppose que ces derniers, d'âge plus récent (0,5 MA), ont été induits par un accident transverse.

Le volcan du Directeur occupe l'extrémité ouest d'un éperon sous-marin qui pourrait également avoir été contrôlé par un accident transverse dont la réalité n'a toutefois pas encore été démontrée à terre. Sa mise en place intervient peu après la formation du complexe volcanique de base qui affleure à l'extrême nord de l'île.

La position marginale et très localisée de ces édifices, sur les pentes submergées des îles, pose le problème de leur relation avec le front volcanique principal situé à terre. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées : oscillation complexe de la ligne volcanique ; fonctionnement sporadique d'un front volcanique secondaire ; volcanisme transverse. La dernière possibilité semble la moins improbable, bien qu'encore très conjecturale. Elle impliquerait l'installation d'un volcanisme ponctuel le long d'un accident transverse à l'arc insulaire, en arrière du front ; cette activité éruptive pourrait annoncer une phase d'édification « normale » le long du front volcanique principal. Quoi qu'il en soit, l'activité volcanique de l'arc insulaire semble s'exercer de manière discontinue dans le temps et dans l'espace, au sein de petits blocs (pluri-) décakilométriques, et où se produit, en quelques millions d'années, une dérive des séries basiques vers des séries acides. Abstraction faite des manifestations du volcanisme transverse — très limitées —, les fluctuations de la ligne volcanique se produisent de deux manières : migrations d'est en ouest, en Martinique et aux Saintes ; oscillations autour d'une position moyenne, dans la Basse-Terre de Guadeloupe.

* Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme Arcante. Il sera publié dans la revue « Géologie de la France ».

RS. 1534

Évolution de la terminaison nord de l'arc interne des Petites Antilles au Plio-Quaternaire *

Plio-Quaternary evolution of the northern end of the Lesser Antilles inner arc

P. BOUYSSE
J.-C. BAUBRON
M. RICHARD *
R.-C. MAURY *
P. ANDREIEFF

Au cours de la campagne Arcante 3 (octobre 1981) un pic sous-marin (mont du Noroit) a été reconnu. Il est situé à proximité immédiate du couloir d'Anegada, grand accident transverse qui sépare les Grandes Antilles des Petites Antilles. Il se trouve également dans le prolongement de l'arc volcanique interne des Petites Antilles, dans le nord-ouest de l'île volcanique la plus septentrionale (Saba) et à 70 km au nord-ouest du banc Luymes, où l'existence d'andésites calco-alcalines âgées d'environ 3,6 MA a été reconnue (Bouysse et *al.*, 1981).

Ce nouveau dragage (station 118 D) a ramené des andésites calco-alcalines porphyriques à hornblende et quartz, comparables à celles du banc Luymes, ainsi qu'une hyalodolérite à hornblende similaire aux enclaves basiques des laves calco-alcalines de l'arc des Petites Antilles. Les résultats des datations K-Ar sur roches totales et amphiboles séparées, ainsi que l'étude de la microfaune planctonique d'une marne draguée avec les andésites, conduisent à attribuer aux roches volcaniques du mont du Noroit un âge pliocène inférieur (4 ± 0,5 MA).

L'existence d'un autre jalon sous-marin, entre le banc Luymes et le mont du Noroit, ainsi que des données de sismique réfraction, permettent de penser que le mont du Noroit représente le dernier jalon septentrional de l'arc interne antillais. en bordure de la charnière entre les Grandes et les Petites Antilles. La branche nord de cet arc, dont l'activité est connue de 5 MA à l'époque actuelle, se caractérise par une diminution de la production volcanique du sud (Basse-Terre de Guadeloupe) vers le nord (mont de Noroit) et son tronçon septentrional (Saba - mont du Noroit), long de 110 km, est probablement éteint depuis le Pliocène supérieur. Il conviendrait alors d'envisager une modification locale du régime de la subduction au cours du Pliocène, aux approches du couloir d'Anegada.

Références :

BOUYSSE et *al.* (1981). — *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **23**, pp. 185-194.

Cette étude a été présentée à la séance spécialisée de la S.G.F. et de l'A.T.P. Géologie et Géophysique des Océans, à Brest (5 et 6 décembre 1983). Elle sera publiée au Bulletin de la S.G.F.

* Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme Arcante.

** Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire de Pétrologie, 29283 Brest Cedex, France.

RS. 1535

Caractérisation géochimique de quelques volcanismes briovériens (protérozoïque supérieur) dans le Massif armoricain. Implications sur l'évolution géodynamique cadomienne

Geochemical characterization of some brioverian (upper proterozoic) volcanism in Armorican Massif.
Implications for cadomian geodynamic evolution

B. CABANIS *
J. CHANTRAINE
D. RABU

RCP 705 « Géodynamique du Massif armoricain »

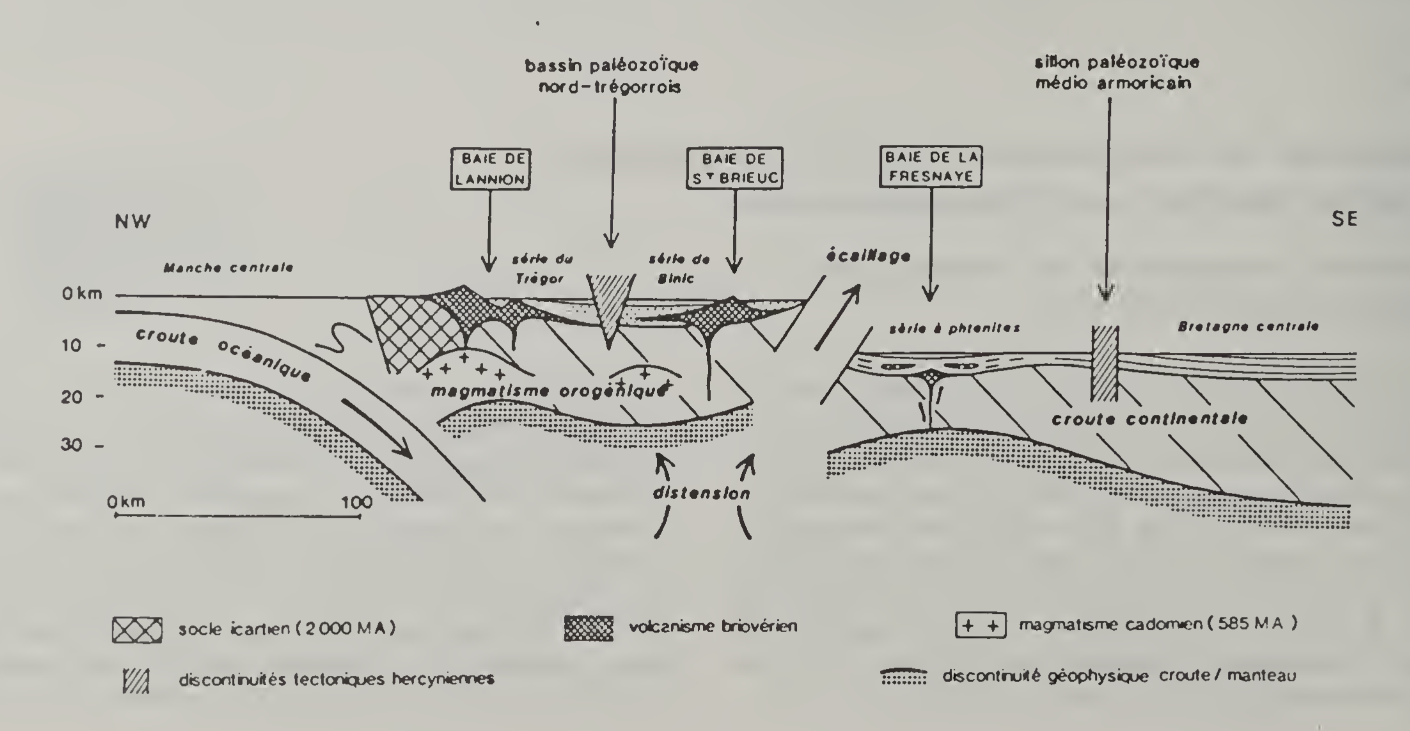
L'étude de l'orogène cadomien (limite Protérozoïque - Paléozoïque) dans le Massif armoricain et en particulier dans le tronçon préservé de la Bretagne nord-ouest a été poursuivie en 1984 en collaboration avec les Universités de Rennes et de Paris.

A la suite de l'étude lithologique et structurale du secteur-clef de la baie de Saint-Brieuc qui a permis de proposer une nouvelle succession lithostratigraphique du Briovérien général et d'esquisser l'organisation géodynamique de l'orogène cadomien (référence ci-dessous), l'étude géochimique des volcanismes briovériens permet, en les comparant aux volcanismes actuels ou récents, d'identifier leurs caractères magmatiques et de déterminer leurs significations géodynamiques.

Trois formations ont été étudiées, échelonnées sur une transverse à l'orogène cadomien du NW au SE :

— **le volcanisme de la baie de Lannion** présente un caractère calco-alcalin typique des marges actives (arc insulaire) en contexte de convergence associé à un processus de subduction ;

— **le volcanisme de la baie de Saint-Brieuc** rappelle par ses caractères les volcanismes tholéitiques dis-



tensifs situés dans un contexte de convergence de marge active (intra ou arrière arc insulaire) ;

— **le volcanisme de la baie de la Fresnaye** présente des caractères identiques aux volcanismes tholéitiques distensifs en contexte intraplaques (de type rift).

Cette étude permet donc de confirmer et de compléter le schéma global de l'évolution géodynamique cadomienne esquissé auparavant ; cependant l'écaillage intracrustal du domaine nord volcanogène sur le domaine sud terrigène, au cours de la phase de serrage, introduit une discontinuité fondamentale dans cette reconstitution géodynamique et les rapports chronologiques et structuraux entre ces deux domaines devront être analysés dans la prochaine phase de travaux.

Références :

AUVRAY B., MAILLET P. (1977). — Volcanisme et subduction du Protérozoïque supérieur dans le Massif armoricain. *B.S.G.F.*, t. 19, pp. 953-957.

BALE P., BRUN J.-P. (1983). — Les chevauchements cadomiens de la baie de Saint-Brieuc (Massif armoricain). *C.R.A.S.*, t. 297, pp. 359-362.

RABU D., CHAUVEL J.-J., CHANTRAINE J. (1983). — Nouvelles propositions pour la lithostratigraphie du Briovérien (Protérozoïque supérieur) et pour l'évolution géodynamique cadomienne en baie de Saint-Brieuc (Massif armoricain). *B.S.G.F.*, t. 25, pp. 615-621.

* Laboratoire de Géochimie Comparée et Systématique, Université, place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05.

RS. 1536

Attribution au Cambrien des séries métasédimentaires de Sauveterre et des Sables-d'Olonne (côte vendéenne)

Attribution to Cambrian of Sauveterre and Les Sables-d'Olonne metasedimentary series (vendean coast, Armorican massif, France)

R. WYNS
J. CHANTRAINE

RCP 705 « Géodynamique du Massif armoricain »

Sur la côte vendéenne affleure, entre Brétignolles-sur-Mer et Les Sables-d'Olonne, un ensemble de roches métasédimentaires dont le métamorphisme croît du Nord au Sud pour atteindre l'anatexie aux Sables-d'Olonne. Cet ensemble d'âge inconnu, qui vient se placer géométriquement sous le cambro-ordovicosilurien de Vendée littorale, comprend du Nord au Sud :

— la « Série de Sauveterre » (environ 1 000 m), formation de schistes alumineux avec niveaux graphiteux, cipolins et volcanisme acide ;

— la « Série des Sables-d'Olonne » (environ 1 000 m), située sous la précédente, formée de sédiments détritiques schisto-gréseux plus ou moins grossiers parmi lesquels on identifie des arkoses et des quartzites.

Au sud de la série des Sables-d'Olonne existe un orthogneiss granodioritique non daté. Les rapports de celui-ci avec la série des Sables-d'Olonne sont mal connus car le contact est envahi par un granite d'anatexie (daté de 388 + 8 MA, Vidal, 1976).

Sur l'Ile d'Yeu affleure, à 40 km au NW des Sables-d'Olonne, le contact entre l'orthogneiss granodioritique et la base de la série des Sables-d'Olonne ; celle-ci comprend plusieurs dizaines de mètres de méta-arkoses, de métaquartzites et de schistes alumineux.

Le contact avec l'orthogneiss, indemne de toute anatexie, se fait par l'intermédiaire d'un métaconglomérat comprenant des boules de granodiorite. Il apparaît donc que l'orthogneiss granodioritique des Sables-d'Olonne et de l'Ile d'Yeu constituerait un ancien socle et non un pluton intrusif dans la série des Sables-d'Olonne. Une datation U/Pb sur zircons de l'orthogneiss d'une part et des boules du métaconglomérat d'autre est en cours de réalisation.

L'ensemble socle granodioritique + série des Sables-d'Olonne + série de Sauveterre + Cambrien supérieur de Vendée littorale peut être comparé avec la série cambrienne du flanc nord du synclinorium de Chantonnay, en Vendée intérieure : celle-ci comprend, au-dessus d'un socle micaschisteux structuré au Cadomien, trois formations principales :

— **la formation de Montournais (500 à 900 m)** : alternances schistogréseuses avec tufs volcaniques, que nous proposons de paralléliser avec la série des Sables-d'Olonne ;

— **la formation des Gerbaudières (600 à 800 m)** : shales à passées graphiteuses et niveaux calcaires, que nous proposons de paralléliser avec la série de Sauveterre ;

— **la formation du Bourgneuf (500 à 1 000 m)** : alternances schistogréseuses se terminant par un volcanisme acide attribué au Cambro-Trémadocien, qui trouve son équivalent sur la côte vendéenne avec des grès séricíteux situés entre le grès armoricain et la série de Sauveterre.

Si la datation de l'orthogneiss granodioritique de l'Ile d'Yeu et des Sables-d'Olonne apporte un âge cadomien ou tardi-cadomien, l'attribution des séries de Sauveterre et des Sables-d'Olonnes au Cambrien serait confirmée.

Référence :

WYNS R., CHANTRAINE J. (1984). — Les séries métasédimentaires de Sauveterre et Les Sables-d'Olonne (côte vendéenne) sont -elles cambriennes ? 10e Réunion annuelle des Sciences de la Terre, Bordeaux, 1984.

Diagenèse, sédimentologie techniques géologiques, stratigraphie

RS. 1537

Évolution récente de la dépression de la Falémé (Mali)

Recent evolution of the Faleme valley (Mali)

J. VOGT

C'est dans la vallée de la Falémé qu'ont été jetées jadis les bases d'une interprétation de l'évolution récente des régions de savane d'une grande partie de l'Ouest africain. A la lumière de recherches en Haute-Volta, une récente tournée permet de préciser et d'enrichir le schéma proposé vers 1955-1960. Sont mises en relief des observations et des interprétations présentant localement quelque nouveauté.

Rappelons le rôle fondamental d'un système de glacis, associés à une profonde altération majeure. C'est à partir de ce système que la falaise de Tambaoura aurait été dégagée, dans une large mesure par inversion de relief. Dans la vallée de la Falémé, ces glacis se prolongent par de remarquables nappes détritiques. D'une part, les bordures de plateaux et buttes des deux rives montrent parfois des nappes de cailloutis plus ou moins meubles sous une cuirasse homogène, facilement considérée à première vue comme autochtone. D'autre part, l'épaisse cuirasse de la butte de Koundam affecte un chenal dont le remplissage complexe peut représenter un substantiel apport latéral.

En contrebas de ces glacis, haut et moyen, un premier remblaiement, défini d'abord en Pays Lobi, présente ici aussi un remarquable développement, par son extension et son épaisseur. Considérons deux cas. Au pied de la falaise, son épaisseur atteint une vingtaine de mètres. Un réseau complexe de chenaux, tapissés de cailloutis, est rempli de matériaux fins et de lentilles grossières. Affecté dans son ensemble par une pédogenèse notable, le remblaiement fin a une allure tachetée caractéristique. Dans le domaine birrimien de la dépression de la Falémé, les coupes montrent, aux têtes, des remblaiements informes, colluvionnaires, avec des esquisses de lentilles grossières. A la différence du pays Lobi n'ont pas été reconnus jusqu'ici les épais remblaiements fins ressemblant à s'y méprendre aux formations d'altération dont ils dérivent. En aval, ces remblaiements débouchent sur des alluvions qui font figure, sur la Doundé et la Falémé, de basse terrasse. Ces différents éléments sont affectés par une cuirasse inégalement développée qui se poursuit d'une manière continue sur la roche altérée (bas glacis), ce qui peut poser un problème de délimitation, localement, et d'interprétation, à l'échelle régionale.

A son tour, cet ensemble est affecté par une profonde entaille, en-deçà de sa base en amont, au-delà en aval, suivie d'un remblaiement atteignant le niveau du bas glacis. On n'insistera pas sur cette étape classique, avec ses « graviers sous berge », parfaitement décrits sur la Falémé par les voyageurs du XIX[e] siècle.

Ces notations soulignent l'importance des processus mécaniques et la multiplicité des cuirasses qui affectent fréquemment des matériaux détritiques.

Références :

VOGT J. (1982). — A propos d'une controverse au sujet de la prospection géochimique et de son contexte en milieu intertropical, note.

VOGT J. (1983). — Compte rendu de tournée dans la région de Keniéba (Mali).

RS. 1538

Approche sédimentologique du modèle de comblement du bassin landais

Sedimentologic approach to the aggravation model of the Landes basin

J.-P. CAPDEVILLE
J. DUBREUILH
G. KARNAY
G. LE POCHAT

La prospection générale des Landes de Gascogne qui a pour but la recherche et le développment des ressources du sous-sol de la haute-lande doit s'étaler sur six ans.

Dès la première année, parallèlement à la mise en évidence d'indices encourageants de substances utiles diverses (tourbe, lignite, micas, argiles spéciales), les travaux

entrepris ont permis de faire progresser nos connaissances sur l'ensemble deltaïque, comblement ultime du bassin d'Aquitaine.

Il apparaît en effet que les dépôts fini-tertiaires à quaternaires anciens se localisent presque essentiellement dans le bassin landais, constituant à cette époque le bassin relique du grand ensemble aquitain.

Les travaux entrepris en 1982 ont montré que dans ce bassin deux grands ensembles peuvent être individualisés correspondant à deux phases de comblement, l'une néogène terminal, l'autre quaternaire ancien jusqu'à l'actuel.

A l'Est, les dépôts de comblement manifestent des tendances lacustres très affirmées.

A l'Ouest, le caractère fluviatile est bien marqué avec des influences marines (milieu littoral proche).

La datation de ces ensembles continentaux a progressé grâce aux études palynologiques (Châteauneuf J.-J., Farjanel G.), toutefois des incertitudes subsistent par manque de série verticale continue en raison du caractère érosif et progradant de ces dépôts.

L'étude des structures anciennes et l'approche de leur rejeu récent ont montré un ensemble de zones à tectonique vivante notamment au droit de certains diapirs, principalement ceux de la frange méridionale où des mouvements récents semblent avoir conditionné le dépôt des terrasses quaternaires, notamment dans la région de Magescq.

Cet ensemble de diapirs vivants est aligné sur un accident crustal limitant au Nord le domaine pyrénéen. Ce trait structural majeur conditionne l'extension Sud du bassin landais.

Réference :

DUBREUILH J. et CAPDEVILLE J.-P. — Rapport 83 SGN 878 AQI.

RS. 1539

Paléogéographie du Quaternaire terminal de la Guyane française d'après les sédiments du plateau continental

M. PUJOS *
O. RENIE *
G.-S. ODIN **
P. BOUYSSE

Late Quaternary paleogeography of French Guyana from the continental shelf sediments

L'étude concernant l'histoire géologique récente des marges continentales conduite dans les Caraïbes et dans la partie septentrionale de l'Amérique du Sud nous amène à présenter, sur la plate-forme de la Guyanne française, de nouvelles marques de variations du niveau de la mer. Elle aboutit à une meilleure caractérisation de la paléogéographie du Quaternaire terminal.

Vers 18 000 ans B.P., s'installe en bordure de la plateforme une sédimentation biochimique (récifs coralliens, faciès à oolithes) favorisée par l'absence des apports amazoniens canalisés dans le canyon du fleuve et associée à une ceinture d'oxydes et d'hydroxydes contemporaine de celle observée dans les bas niveaux marins de l'Afrique de l'ouest.

a) Le climat tropical installé en Guyane joue un rôle dans le développement des savanes et confère une impulsion nouvelle à l'érosion. Parmi les matériaux issus des fleuves locaux qui se déposent sur la plate-forme (dont le paléodelta du Maroni est une illustration), les minéraux lourds montrent leur appartenance à deux régions d'influence distincte :

— à l'Ouest, la province du Maroni (staurotide, grenats) tire essentiellement son originalité de roches métamorphiques paradérivées qui occupent le bassin versant du fleuve ;

— à l'Est, la province de l'Oyapock, dont le substrat surtout granitique de son bassin versant ne lui confère aucun caractère propre.

b) La berthiérine, phyllite authigène à 7 Å, présente en Guyane sous l'aspect de grains verts, tapisse l'ensemble de la plate-forme au large de laquelle se trouvent les glauconies (phyllites à 10 Å). Ces berthiérines, signalées sous le terme général de glauconies dans les précédentes publications, sont des minéraux associés aux eaux peu profondes et saumâtres, au débouché des fleuves intertropicaux. Leur formation, synchrone de la remontée du niveau marin, explique à la fois leur extension et leur âge d'autant plus récent que l'on se rapproche de la côte.

Vers 10 000 ans B.P. un ralentissement de la transgression se produit vers — 60 m marqué en particulier par une discontinuité des pentes et une concentration anormale en ilménite consécutive aux actions hydrodynamiques en milieu littoral.

La transgression se produit avec l'envahissement des eaux à caractère amazonien saumâtres et turbides, qui a pour conséquence :

— la disparition du complexe récifal ;

— la création d'un milieu subdeltaïque sur l'ensemble de la plate-forme où le développement des glauconies est inhibé au profit des berthiérines qui recouvrent progressivement le plateau ;

— le développement d'une vasière où le fer issu des fleuves guyanais précipite en milieu réducteur où il se retrouve sous forme de monosulfures.

* Dépt de Géologie et Océanographie, I.G.B.A., Université de Bordeaux I.
** Laboratoire de Géochimie Sédimentaire, Université de Paris VI.

RS. 1540

Transect Hawaii-Tahiti : environnement océanographique des dépôts de nodules de manganèse dans le Pacifique central *

J. ANDREWS[1]
G. PAUTOT[3]
V. RENARD[3]
D. CRONAN[4]
M. HOFFERT[6]
S. SHEARME[4]
G. GLASBY[8]
P. SAGET[3]
G. FRIEDRICH[2]
W. PLUGER[2]
M. MELGUEN[3]
J. CRAIG[5]
P. STOFFERS[7]
T. THIJSSEN[2]
N. LENOTRE

The Hawaii-Tahiti transect : the oceanographic environment of manganese nodule deposits in the Central Pacific

Dans le cadre du projet I.C.I.M.E. (International Cooperative Investigation of Manganese Nodule Environments), un transect Hawaii-Tahiti a été effectué afin de tester différentes hypothèses concernant l'origine et l'enrichissement des dépôts de nodules de manganèse dans le Pacifique central. Neuf sites entre 20° N et 20° S le long du 134e méridien ouest furent étudiés en détail afin d'examiner les différents environnements, leur association et leur influence sur le développement des faciès de nodules dans le Pacifique central.

L'enrichissement des nodules en métaux d'intérêt économique est directement lié à la productivité de surface. Les effets locaux de la profondeur (dissolution des sédiments), les courants de fond, les pentes et le volcanisme local influencent la densité des dépôts de nodules, leur forme et leur taille. On constate une distribution symétrique des caractéristiques géochimiques des nodules de part et d'autre de l'Équateur, avec toutefois une densité plus grande des dépôts de grands nodules au nord de l'Équateur.

* Paru dans *Marine Geology* (1983), 54, 1/2.

(1) Department of Naval Ocean Research and Development Activity, NSTL Station, MS 39529, U.S.A.

(2) RWTH, Institut für Mineralogie, 5100 Aachen, R.F.A.

(3) CNEXO - COB, B.P. 337, 29273 Brest Cedex.

(4) Imperial College, Londres, Grande-Bretagne.

(5) University of Hawaii, Department of Oceanography, Honolulu, HI 96822, U.S.A.

(6) Université de Bretagne Occidentale, 29283 Brest Cedex.

(7) Institut für Sedimentforschung, Universität Heidelberg, Postfach 103020, 6900 Heidelberg, R.F.A.

(8) NZOI, Wellington, Nouvelle-Zélande.

RS. 1541

Minéralogie des argiles et paléoenvironnement des sites 576 et 578 (Leg 86, DSDP, Pacifique Nord-Ouest) *

Nature and significance of sites 576 and 578 clay stratigraphy (Leg 86, DSDP, Northwestern Pacific)

N. LENOTRE
H. CHAMLEY (1)
M. HOFFERT (2)

Au cours du leg 86, deux sites ont été forés dans le Pacifique Nord-Ouest, de part et d'autre de la Shatsky Rise, à plus de 6 000 m de profondeur. Les sites 576 et 578 ont traversé, sur une épaisseur de 55 à 175 m, des sédiments cénozoïques de type « argile rouge des grands fonds », qui surmontent des cherts d'âge Campanien-Maastrichtien.

La fraction argileuse, prépondérante dans toute la colonne sédimentaire, comprend des minéraux variés : chlorite, illite, interstratifiés irréguliers, smectite, kaolinite et palygorskite. La diversité des assemblages argileux, l'absence de modification minérale continue au cours de l'enfouissement, l'indépendance et la morphologie des particules observées au microscope électronique à transmission, indiquent une origine essentiellement terrigène. Le transport éolien paraît représenter un agent important responsable de l'apport en mer de minéraux divers, incluant du quartz et des feldspaths. Le faciès lithologique « argile rouge », en dépit de la faible vitesse de dépôt (< 5 à 10 mm/1 000 ans), s'accompagne donc d'une diagenèse argileuse très faible à nulle. L'influence des échanges eau-sédiment paraît faible dans la région étudiée, au contraire d'autres secteurs du Pacifique (Centre-Est notamment, Hoffert, 1980, thèse Strasbourg). Quant à l'influence du volcanisme, elle semble très discrète, quelle que soit la région considérée.

Trois zones minéralogiques sont identifiées dans chaque forage : supérieure dominée par le groupe de l'illite (post-Miocène moyen), inférieure dominée par les smectites (post-Crétacé terminal, basale à smectite et palygorskite (Campanien-Maastrichtien). La correspondance des zones minéralogiques d'un site à l'autre autorise des corrélations stratigraphiques, et compense la rareté des marqueurs biostratigraphiques. Par ailleurs, la grande similitude des assemblages minéralogiques des sites 576 et 578 conforte l'hypothèse de la non-émersion de la Shatsky Rise, et indique la discrétion de son rôle de barrière aux transports détritiques.

(1) Université des Sciences et Techniques de Lille, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex.

(2) Université de Bretagne occidentale, 29283 Brest Cedex.

* A paraître dans Initial Report of Deep Sea Drilling Project, Leg 86.

RS. 1542

Étude de trois sondages dans la région-type du Cénomanien (Sarthe - France) ; la limite Albien-Cénomanien

D. FAUCONNIER
Ch. MONCIARDINI
et al. [1]

Study of three boreholes in the Cenomanian stratotype's area (Sarthe, France) ; the Albian-Cenomanian limit

Dans le cadre de la révision des stratotypes français et à l'occasion du 26e C.G.I. un programme d'études complémentaires avait été entrepris avec la réalisation de trois sondages spécifiques dans la région-type du Cénomanien.

Ces ouvrages carottés, deux traversant le Cénomanien inférieur (marnes de Ballon) et l'Albien jusqu'au socle jurassique, le troisième recoupant le Cénomanien moyen (craie de Théligny), sont ici étudiés au plan lithostratigraphique, biostratigraphique (macrofaunes, foraminifères, Ostracodes, palynologie), géochronologique (glauconies). Le passage de l'Albien au Cénomanien, non visible à l'affleurement a pu ainsi être pour la première fois abordé.

Outre l'exécution des forages, la contribution du B.R.G.M. a porté sur l'étude palynologique et sur des considérations nouvelles concernant la nature des relations entre provinces mésogéenne et boréale.

Parmi l'abondante microflore de spores, pollens et dinoflagellés des marnes de Ballon, l'assemblage des espèces planctoniques a permis successivement de pressentir l'Albien moyen, d'identifier l'Albien supérieur, l'Albien supérieur élevé (Vraconien) et enfin le Cénomanien inférieur.

A propos de la paléogéographique, il apparaît que les faunes et microfaunes benthiques dites « mésogéennes » sont plus étroitement contrôlées par certains profils de plates-formes que par des limites de provinces. Ces associations fauniques sont en effet liées aux contextes abrités (étage infralittoral moyen) et disparaissent lorsque croit l'ouverture marine. Or ces domaines de faible marinité sont très développés le long des plates-formes mésogéennes, alors qu'ils sont exceptionnels dans le bassin de Paris où l'environnement circalittoral prédomine. En conséquence, le concept d'« influence mésogéenne » mérite d'être approfondi et nuancé.

[1] JUIGNET P. (coord. Fac. Sciences, 76130 Mont-St-Aignan. DAMOTTE R., C.N.R.S., Labo. associé n° 319, Univ. Paris VI, 75230 Paris. KENNEDY W.J., University Museum, Oxford OX 1 3PW. MAGNIEZ-JANIN F., Inst. Sciences de la Terre, C.N.R.S., Labo. n° 157, 21100 Dijon. ODIN G.S., Univ. Paris VI, Labo. Géologie Dynamique, 75230 Paris.

Référence :

Étude de trois sondages dans la région-type du Cénomanien. La limite Albien-Cénomanien dans la Sarthe (France), *Géologie de la France* (1983), n° 3, pp. 193-224, 18 fig., 5 pl.

RS. 1543

A propos du passage Campanien-Maastrichtien en Aquitaine septentrionale : les couches de Maurens (Dordogne)

P. ANDREIEFF
B. LAMBERT [1]
M. NEUMANN [2]
J.-P. PLATEL

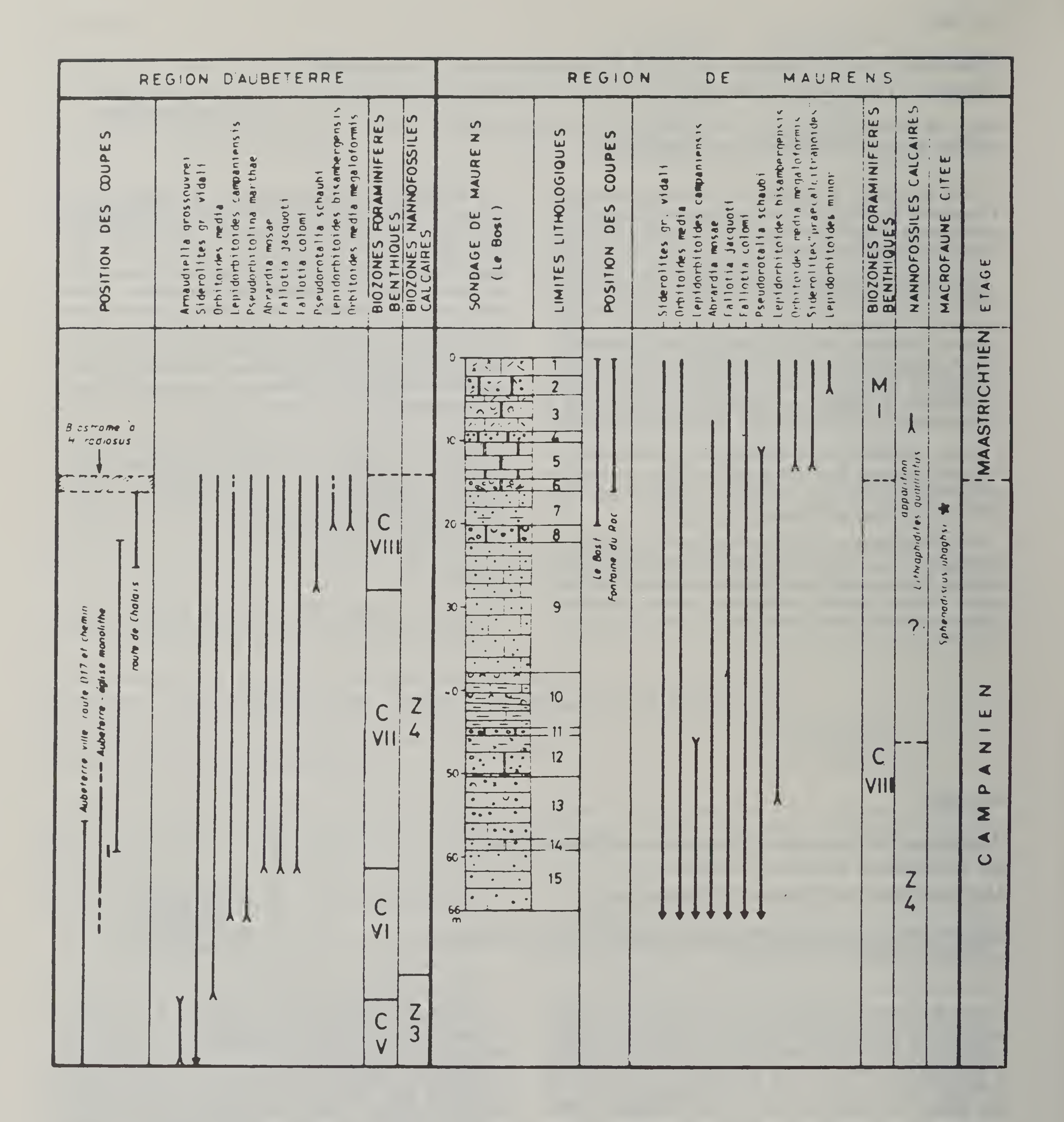
About the Campanian-Maastrichtian boundary in North Aquitaine : the area of Maurens (Dordogne)

Lors des levés cartographiques de la feuille à 1/50 000 Bergerac en Dordogne, il a été observé près de Maurens une formation calcaréo-détritique au-dessus des calcaires à *orbitoïdes media s.s.* et d'un biostrome à *Hippurites radiosus.* Une première étude micropaléontologique de ces dépôts permettait de penser qu'il s'agissait là des couches les plus récentes du Crétacé supérieur connues jusqu'à présent en Aquitaine septentrionale.

Un sondage carotté profond de 66,50 m a donc été réalisé fin 1982 par le B.R.G.M. pour établir la succession précise de ces « couches de Maurens » et des calcaires qu'elles surmontent. L'étude sédimentologique et micropaléontologique détaillée (Foraminifères benthiques et Nannofossiles calcaires) de ce sondage a permis de compléter les observations de terrain.

Les calcaires situés sous le biostrome à *H. radiosus* contiennent une association comparable à celle du sommet de la coupe d'Aubeterre en Charente, correspondant au Campanien terminal : biozone C VIII de Foraminifères benthiques avec entre autres *Orbitoïdes media, Abrardia mosae, Siderolites vidali, Pseudorotalia schaubi* et biozone Z 4 de Nannofossiles avec *Lithraphidites praequadratus, L. carniolensis* et *Eiffelithus turrisseiffeli.*

Au-dessus du biostrome les grès et calcaires tuffoïdes des « couches de Maurens » ont livré une association nouvelle avec *Orbitoïdes media megaloformis, Siderolites « praecalcitrapoïdes », Lepidorbitoïdes minor* et *Litraphidites quadratus,* ces deux dernières formes étant considérées comme des marqueurs du Maastrichtien.



En conclusion cette étude s'avère importante car, outre son intérêt pour la stratigraphie régionale, elle a permis de mettre en évidence le passage Campanien-Maastrichtien en faciès de plate-forme néritique. Celui-ci semble d'ailleurs se faire progressivement car les « couches de Maurens » possèdent encore des espèces campaniennes et certaines formes existent dans les deux étages. C'est le cas de *Lepidorbitoïdes bisambergensis* qui assure le relais entre *L. campaniensis* et *L. minor.* Par ailleurs *Siderolites « praecalcitrapoïdes »* représente un taxon important dans

l'évolution de *S. gr. vidali* campanien à *S. calcitrapoïdes* typiquement maastrichtien.

([1]) Compagnie Française des Pétroles, 33600 Pessac.

([2]) Université de Paris VI, Laboratoire de Micropaléontologie, 75230 Paris.

Références :

NEUMANN M., ANDREIEFF P., LAMBERT B., PLATEL J.-P. (1984). — Un exemple du passage Campanien-Maastrichtien en faciès néritique : la région de Maurens, Dordogne (France). *C.R. Acad. Sciences.*

PLATEL J.-P. (1983). — Carte géologique à 1/50 000 Bergerac. Édition B.R.G.M.

RS. 1544

Contribution au repérage biostratigraphique de la limite Turonien-Sénonien dans la région stratotypique de Sens (Yonne, France)

Contribution to the biostratigraphy of the Turonian-Senonian boundary in the stratotypic area of Sens (Yonne, France)

C. MONCIARDINI
B. POMEROL ([1])
R. DAMOTTE ([2])
M. FOURAY ([3])

A partir de l'échantillonnage précis d'affleurements représentatifs, les éléments de biozonation par les foraminifères benthiques ont été confrontés à ceux issus de l'étude des Ostracodes et surtout à une importante faune d'Échinides, récoltée pour la circonstance. Il apparaît que la base du Sénonien, définie par l'apparition et la présence simultanée des premiers *Micraster decipiens* et *M. normanniae* est également soulignée par quelques microfossiles-repères. Le repérage de la limite Turonien-Sénonien se voit donc confirmé et précisé.

([1]) Université de Paris, Val-de-Marne, 94010 Créteil.

([2]) C.N.R.S., Labo. associé n° 319, Univ. Paris VI, 75230 Paris.

([3]) Muséum d'Histoire Naturelle, 76000 Rouen.

Référence :

Précisions biostratigraphiques sur la limite Turonien-Sénonien dans la région stratotypique de Sens (Yonne). *C.R. Acad. Sc., Paris* (1983), t. 297, série II, pp. 421-424.

RS. 1545

Synthèse stratigraphique et paléogéographique de l'Yprésien de l'Est du bassin de Paris

Stratigraphy and Paleogeography of Ypresian in eastern Paris basin : a synthesis

R. WYNS
J.-L. DUCREUX
D. MICHOUX

Une campagne de terrain de plusieurs mois, effectuée en commun par le B.R.G.M. et la S.N.E.A.(P.) a permis le levé détaillé de plus de 50 coupes dans l'Eocène inférieur de la cuesta tertiaire située entre Reims et Montereau (Est du bassin de Paris). Environ 200 échantillons ont fait l'objet d'analyses palynologiques, et ont permis dans de nombreux cas de retrouver des espèces guides de *Wetzeliellaceae,* permettant une biozonation très fine dans les terrains de l'Éocène inférieur.

Les données nouvelles acquises au cours de cette étude (biozonation par le microplancton, spectres palynologiques, analyse séquentielle...), confrontées aux données déjà existantes (minéralogie des argiles, malacofaune, gisements de vertébrés...) ont permis de retracer l'histoire paléogéographique et paléoclimatique de cette région depuis le Thanétien jusqu'au Cuisien terminal.

Les résultats les plus marquants concernent l'âge des *Argiles à lignites d'Épernay* (stratotype du Sparnacien) et celui des *Argiles plastiques de Provins :*

Les Argiles à lignites d'Épernay et de l'ensemble de la région champenoise ont pu être datées des biozones W3 à W5, c'est-à-dire Cuisien inférieur, ce qui les met en équivalence stratigraphique avec les sables de Laon, la formation de Varengeville et l'Argile de Londres ; ce résultat confirme et étend les conclusions de l'étude du sondage stratigraphique du Mont Bernon (M. Laurain et *al., sous presse*). Ainsi, le « Sparnacien » ne peut plus désormais être utilisé comme unité chronostratigraphique : il s'agit d'un litho-faciès diachrone qui accompagne l'avancée de la transgression cuisienne : en effet, à l'ouest du bassin de Paris (Varengeville, Seine-Maritime), le passage du lithofaciès sparnacien aux couches marines du Cuisien (formation de Varengeville) coïncide avec la limite entre les biozones W1 et W2, alors qu'à Épernay ce même passage se fait à la limite entre les biozones W5 et W6, soit un retard d'environ 3 millions d'années.

La sédimentation des *argiles kaoliniques de Provins,* auparavant considérées comme sparnacien inférieur, a pu être replacée dans l'évolution paléogéographique et paléoclimatique régionales grâce à l'analyse séquentielle, à l'étude palynologique et à l'interprétation paléoclimatique de la minéralogie des argiles. Leur sédimentation débute avec l'apparition d'un optimum climatique chaud et

humide (pollens de palmiers abondants) au cours duquel est élaborée massivement de la kaolinite sur les terres émergées. Cet optimum climatique, qui coïncide avec l'installation de paysages de mangrove le long des cours d'eau côtiers, apparaît dans la région d'Épernay au sommet des *Argiles à lignites* (paléosols de mangrove, biozone W5). L'argile de Provins se dépose dans un plan d'eau permanent dont la mise en place est consécutive au maximum d'avancée de la transgression cuisienne ; elle apparaît équivalente des sables d'Aizy et de Cuise (Cuisien moyen et supérieur), dont la fraction argileuse est également constituée de kaolinite.

* S.N.E.A.(P.) et Université Claude-Bernard, Lyon.

Références :

DUCREUX, J.-L., MICHOUX D., WYNS R. (1984). — Contrôle climatique de la sédimentation yprésienne (Éocène inférieur) en Brie et en Champagne (Est du bassin de Paris, France) - Conséquences stratigraphies. *C.R. Ac. Sci., Paris (sous presse).*

WYNS R., DUCREUX J.-L. (1983). — L'Éocène inférieur de Brie et de Champagne (bassin de Paris) - Synthèse paléogéographique et stratigraphique. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 297 GEO, 1 vol., 418 p.

LAURAIN M., BARTA L., BOLIN C., GUERNET C., GRUAS-CAVAGNETTO C., LOUIS P., PERREAU M., RIVELINE J., THIRY M. (1983). — Sondage et coupe du Mont Bernon (stratotype du Sparnacien) - Études sédimentologiques de la série tertiaire. *Géologie de la France (sous presse).*

RS. 1546

Le passage Maastrichtien-Danien dans le sud d'Haïti (Grandes Antilles)

The Maastrichtian-Danian boundary in South Haïti (Greater Antilles)

Ch. DESREUMAUX *
P. ANDREIEFF

Dans la presqu'île Sud d'Haïti, le Maastrichtien se caractérise par une sédimentation carbonatée de type bassin océanique. A la limite Crétacé-Tertiaire, cette région enregistre l'orogénèse laramienne qui se produit partout ailleurs dans les Grandes Antilles. Cela se traduit au Danien par une sédimentation de pente avec turbidites provenant de démantèlement des reliefs nouvellement formés. Le passage Crétacé-Tertiaire est donc quasiment continu, les légers hiatus stratigraphiques (extrême sommet du Maastrichtien, extrême base du Danien) pouvant être imputés au changement brutal de régime sédimentaire.

* *Université de Paris VI.*

RS. 1547

Découverte du Paléocène supérieur à Anguilla, à l'extrémité nord de l'arc des Petites Antilles

Upper Paleocene limestones in Anguilla, Northern Lesser Antilles

P. ANDREIEFF
J.-R. BONNETON *
J.-M. VILA *
D. WESTERCAMP

A l'extrémité nord de l'arc des Petites Antilles, l'île d'Anguilla est essentiellement constituée par une plateforme calcaire d'âge langhien. Des reconnaissances préalables (Andreieff, Westercamp, 1982) laissaient néanmoins penser à l'existence d'assises plus anciennes à l'Ouest de l'île (Crocus Bay), que l'on avait alors, suivant Christman (1953), rattachées à la formation Pointe Blanche de l'île voisine de Saint-Martin.

En fait les sédiments affleurant au Nord de Crocus Bay constituent deux ensembles bien distincts :

— à la base, une vingtaine de mètres de calcaires argileux sombres riches en Foraminifères planctoniques du Paléocène supérieur : *Globorotalia gr. chapmani, G. conicotruncata, G. gr. pusilla ;*

— puis 55-60 m de roches volcano-détritiques admettant vers leur base et à quelques mètres du sommet, deux épisodes conglomératiques à microfaunes de l'Éocène moyen. C'est cette dernière séquence qui peut être corrélée avec la formation Pointe Blanche de l'île de Saint-Martin.

Si l'Éocène moyen est maintenant bien connu dans le Nord des Petites Antilles (Andreieff et *al,* 1981 ; Westercamp et Andreieff, 1983), c'est la première fois que des assises paléocènes y sont signalées en place.

Comme plus à l'Ouest dans les Grandes Antilles (Mattson et Pessagno, 1971), le volcanisme n'apparaît qu'après le Paléocène supérieur. C'est un argument supplémentaire pour considérer les Petites Antilles septentrionales comme un élément ayant appartenu à l'orogénèse nord-caraïbe.

* Université Antilles-Guyane, Pointe-à-Pitre.

Références :

P. ANDREIEFF, G. BIZON, P. BOUYSSE (1981). — Révision de l'âge des formations sédimentaires de l'île de Saint-Martin : implications sur la chronologie du volcanisme de l'arc insulaire des Petites Antilles. *C.R. Acad. Sc.*, 292, pp. 79-82.

ANDREIEFF P., WESTERCAMP D. (1982). — Projet Arcante. Rapport de mission dans les îles du banc d'Anguilla - Saint-Barthélémy (Petites Antilles). Rapport B.R.G.M., SGN/GEO/161, 14 p.

CHRISTMAN R.-A. (1953). — Geology of St Bartholomew, St Martin and Anguilla, Lesser Antilles. *Bull. Soc. Geol. Amer.*, 64, pp. 65-96.

MATTSON P.-H., PESSAGNO E.-A. (1971). — Caribbean Eocene volcanism and the extent of horizon A. *Science*, pp. 138-139.

WESTERCAMP D., ANDREIEFF P. (1983). — Saint-Barthélémy et ses îlets, Antilles françaises : stratigraphie et évolution magmato-structurale. *Bull. Soc. Géol., Fr. (sous presse)*.

RS. 1548

Biostratigraphie, chronométrie et géochronologie des formations sédimentaires de la Martinique (Antilles françaises)

Biostratigraphy, chronometry and geochronology of sedimentary formations in Martinique (French West Indies)

P. ANDREIEFF
D. WESTERCAMP

Depuis une dizaine d'années, l'échantillonnage et l'étude micropaléontologique systématiques des formations sédimentaires de la Martinique ont été menées dans le cadre du levé géologique à 1/50 000 de l'île. Les principaux résultats de ces études, qui s'intègrent aux recherches menées par le B.R.G.M. dans la région Caraïbe (projet Arcante), sont les suivants :

— La Martinique offre la série sédimentaire la plus importante de toutes les îles des Petites Antilles : débutant à l'Oligocène supérieur, elle est pratiquement complète jusqu'au Miocène moyen pour devenir plus discontinue au Miocène supérieur.

— Les interruptions sédimentaires les plus notables, dues aux différentes phases volcaniques qui se sont succédées à ces époques, concernent le passage Oligocène-Miocène (volcanisme de Sainte-Anne : environ 1,5 MA), une partie du Langhien (volcanisme du François-Robert : environ 1 MA), le Serravalien moyen (épisode majeur du volcanisme Vauclin-Pitault : environ 0,7 MA) et, surtout, le Tortonien, dont aucun témoin n'a été identifié à ce jour, ce qui impliquerait un arrêt de la sédimentation carbonatée pendant quelque 4,5 MA ; cette longue interruption serait imputable à la mise en place des derniers volcans « anciens », anté-pliocènes (Ducos, Morne Pavillon, Gros Ilet) à cette époque.

— Du point de vue biochronométrique, plusieurs cas d'étroites associations de laves (datées par K-Ar) et de sédiments (datés par la micropaléontologie) ont permis de démontrer que l'échelle de Berggren et *al.* 1984) était applicable à la Martinique : quelques exemples de correspondancés remarquables entre les valeurs obtenues sur des échantillons martiniquais et celles proposées dans l'échelle en question ont été mis en évidence.

— Dans ces conditions, l'étude micropaléontologique détaillée des sédiments associés à certaines formations volcaniques peut conduire, *a contrario,* à préciser l'âge absolu de ces dernières par élimination, parmi les datations K-Ar disponibles, de celles qui apparaissent aberrantes par rapport à l'échelle biochronométrique adoptée.

C'est ainsi que l'âge du volcanisme de Sainte-Anne a été vieilli et l'activité de certains épisodes du Vauclin-Pitault limitée dans le temps. Ces données modifient sensiblement le schéma proposé auparavant (Andreieff et *al.*, 1976).

Références :

ANDREIEFF P., BELLON H., WESTERCAMP D. (1976). — Chronométrie et stratigraphie comparée des édifices volcaniques et formations sédimentaires de la Martinique (Antilles françaises). *Bull. B.R.G.M. (2),* IV, 4, pp. 335-346.

BERGGREN W.A., KENT D.V., VAN COUVERING J.A. *(sous presse).* — Neogene geochronology and chronostratigraphy. *Geol. Soc. London, Bull.*

Bases et banques de données

RS. 1549

« *Microfact* » et « *Mercure* » deux systèmes de gestion de banques de données factuelles.

The « Microfact » and « Mercure » systems for factual data management.

J.-Y. BRETON
B. DELPORTE
J.-P. LEPRETRE

Dans le cadre de ses activités à l'étranger le département Documentation et information géologique s'occupe du montage de centres de documentation. Ce travail conduit la plupart du temps à la mise en œuvre de moyens informatiques pour gérer les données collectées. Dans cet esprit et afin d'optimiser l'intervention, des ingénieurs * du département ont développé des outils de gestion de données factuelles.

Deux logiciels de gestion de banque de données sont à ce jour opérationnels, l'un pour micro-ordinateur (MICRAL) est appelé « MICROFACT », l'autre pour mini-ordinateur (Mini 6) est appelé « MERCURE ».

• Le système de gestion de données sur micro-ordinateur « MICROFACT »

Développé en langage BAL sous système PROLOGUE et adapté au matériel BULL (micral 8 ou 16 bits), ce logiciel a été utilisé dans plusieurs de nos interventions à l'étranger ou dans les SGR (Arabie, Togo, île de la Réunion, département Géothermie).

Ce système permet de gérer des données factuelles collectées et mises sous forme de bordereaux. La saisie des données et les mises à jour (corrections, ajouts) se font en mode conversationnel par l'intermédiaire de « pages d'écran » simulant le bordereau. Des contrôles des contenus des rubriques (numériques, alphanumériques, mots clé) sont possibles. L'interrogation peut être conduite dans un langage semi-libre, en utilisant les opérateurs booléens. Toutes les rubriques sont interrogeables. Les données sélectionnées peuvent être restituées sous des formes paramétrables par l'utilisateur (fiches complètes afin de constituer une documentation manuelle, tableaux de valeurs avec classements).

Ce système ne permet pas de gérer corrélativement et conjointement les données concernant des bordereaux de différents types.

• Le système de gestion de données sur mini-ordinateur « MERCURE »

Développé en langage COBOL adapté au matériel BULL mini 6 et DPS 4 sous système GECOS/MOD400, ce logiciel « MERCURE » d'organisation très modulaire permet à ses utilisateurs de disposer d'un outil adapté à leurs besoins mais sans possibilités inutiles.

Le système MERCURE assure la gestion et l'interrogation de *données brutes :* il permet de mémoriser, classifier, sélectionner des résultats d'observations, mais pas d'effectuer sur ces données des traitements tels que statistiques, restitution graphique, etc. ; par contre il peut fournir des fichiers contenant les données destinées à de tels traitements. Par ailleurs, il n'a pas vocation à gérer et interroger des informations bibliographiques ; sa conception très générale le lui permettrait, mais des logiciels spécialisés sont plus performants dans ce domaine.

Une banque de données informatique pourrait constituer la seule forme de conservation de l'information, mais dans une optique documentaire le département n'est pas partisan d'une telle solution, car certaines utilisations de la documentation ne justifient pas une interrogation automatique. C'est pourquoi le système MERCURE est également conçu comme un outil de sauvegarde et de gestion de la documentation « manuelle » d'un centre de consultation, à laquelle il est étroitement couplé.

Dans cette perspective :

— Les données à informatiser sont retranscrites sur des bordereaux normalisés utilisés pour la saisie ;

— après saisie, ces bordereaux sont édités par ordinateur pour constituer une documentation consultable manuellement ;

— toute modification ultérieure des données mémorisées provoque la réédition des bordereaux concernés : la documentation manuelle est ainsi automatiquement tenue à jour ;

— les bordereaux informatisés peuvent être réédités à la demande, ou comme résultat d'une interrogation de la banque de données.

La gestion de la banque de données est facilitée de plusieurs manières :

— pour une installation donnée les procédures de mise à jour de la banque sont standardisées : le mode opérateur est le même qu'il s'agisse d'introduire des données nouvelles ou de corriger des données déjà mémorisées.

— toute opération de mise à jour donne lieu à l'édition d'un listing témoin détaillé, permettant un contrôle efficace ;

— toutes les formes d'introduction, de modification ou de suppression de données sont soumises à un contrôle de cohérence entre la mise à jour demandée et les données déjà présentes dans la banque ;

* J.-Y. Breton pour le logiciel « Mercure », B. Delforte pour le logiciel « Microfact ».

— le gestionnaire dispose de modules utilitaires lui permettant de suivre l'évolution de la banque et d'assurer son intégrité :

— la « table des matières » donne un résumé de tout ou partie du contenu de la banque (nature et nombre des données présentes) ; ce document reflète à la fois l'organisation interne de la banque et la répartition des données entre les différents bordereaux ;

— le « journal de bord » permet à tout moment de reconstituer les dernières interventions effectuées sur la banque ;

— La sauvegarde de tout ou partie de la banque sur d'autres supports et sa restauration permet de faire face à toute destruction ou altération accidentelle des données ; effectuée périodiquement, elle a également pour rôle de réorganiser les fichiers, permettant ainsi le maintien de bonnes performances en exploitation.

Ce système a été mis en place avec succès dans différents centres de documentation installés avec le concours du département documentation et information géologique (centre de l'ACSAD** en Syrie, centre de documentation de la Direction nationale de la géologie et des mines de Bamako (Mali), et de la Direction de l'hydraulique à Niamey (Niger).

** The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands.

Sulfures polymétalliques ; hydrothermalisme sous-marin actuel et récent

RS. 1550

Contribution à l'étude des conditions naturelles de formation des sulfures complexes d'antimoine et plomb (sulfosels de Pb/Sb). Signification métallogénique

Contribution to the study of the conditions of natural formation of complex lead-antimony sulfides (Pb/Sb sulfosalts). Importance for metallogeny

Y. MOËLO *

L'ensemble minéralogique considéré a été étudié dans le cadre d'une thèse d'état (Moëlo, 1983) ; il comprend plus d'une trentaine d'espèces et composés nouveaux, et correspond aux sulfosels où, en proportions atomiques, on a Pb > Σ autres métaux, et Sb > As + Bi. Les plus connus de ces minéraux sont la boulangérite, la jamesonite, la semseyite et la zinkénite.

Cette étude se compose de cinq parties : systématique, cristallochimie, conditions de stabilité, cristallogenèse, et signification métallogénique.

Les principaux résultats qu'il convient de souligner sont les suivants :

— Les sulfosels de Pb/Sb sont des espèces relativement fréquentes comme constituants mineurs ou en traces de minéralisations hydrothermales variées ; leur identification précise est généralement possible par voie qualitative au microscope métallographique, pour peu qu'on connaisse les caractéristiques spécifiques à chaque espèce (intérêt d'une collection de références).

— Ces minéraux présentent une chimie complexe ; en plus de Pb, Sb et S comme majeurs, on peut y rencontrer en teneur détectable à la microsonde : As, Bi, Cu, Ag, Fe, Mn, Zn, Sn, Tl, Cd, Cl... L'incorporation de ces différents éléments se fait selon des modalités bien déterminées (état de valence, coordination, règle de substitution,...), et bien souvent l'incorporation d'un élément en teneur mineure est décisive pour la stabilisation d'une structure (exemple : 0,4 % Cl dans la dadsonite).

— La classification la plus prometteuse sur le plan cristallochimique est d'ordre structural, et basée sur la prise en compte du degré de parenté des structures avec celle du pôle galène (= type NaCl). Il existe une interdépendance étroite entre chimisme, type structural et température, l'augmentation de la température pour un système chimique donné favorisant une évolution structurale vers le type NaCl, c'est-à-dire une intégration préférentielle de Sb^{3+} sous une coordination élevée. On peut ainsi expliquer certains phénomènes de solution solide décroissante à température croissante.

— Dans la nature, les différents processus chimiques générant des sulfosels de Pb/Sb conduisent rarement à des associations minérales assimilables à des systèmes équilibrés. Des caractères morphogénétiques variés propres aux cristaux ou à leurs modes d'association traduisent des désordres de croissance liés à la vitesse de cristallisation (cristallinité, habitus, maclage, intercroissance...). Ces caractères cristallogénétiques, confrontés aux données expérimentales et cristallochimiques, permettent de préciser certaines interprétations ; ainsi, la formation de galène anisotrope antimonifère (ou arsénifère) apparaît tributaire d'une cristallisation rapide à basse température, par intégration de Sb^{3+} en coordination III.

— Une meilleure connaissance du rôle des facteurs cristallochimiques, thermochimiques et cristallogénétiques permet, par différence, de mieux cerner la spécificité des processus géochimiques dans la genèse des sulfosels de Pb/Sb dans la nature. Ces processus sont de types très variés, chacun engendrant préférentiellement des sulfosels spécifiques, avec parfois des ordres de succession déterminés (rapport Pb/Sb croissant ou décroissant, selon le cas). L'histoire d'une province métallogénique détermine ainsi les types paragénétiques à sulfosels de Pb/Sb les plus probables, et, inversement, l'observation dans une minéralisation déterminée de certains sulfosels dans un cadre paragénétique donné peut permettre de préciser la place de cette minéralisation dans l'histoire métallogénique régionale. Ceci souligne l'intérêt d'une classification « chrono-génétique » des paragenèses à l'échelle d'une province, selon la démarche développée par J.H. Bernard, mais en l'élargissant en fonction de l'importance que peuvent prendre, dans certaines provinces, certains phénomènes métallogéniques (héritage et surimposition, métasomatose de concentrations sulfurées, remobilisation et hybridation géochimique, métamorphisme régional...).

Référence :

MOËLO Y. (1983). — Contribution à l'étude des conditions naturelles de formation des sulfures complexes d'antimoine et plomb (sulfosels de Pb/Sb). Signification métallogénique. Thèse doct. d'Etat, Université de Paris, n° 82-01 : Série « Documents du B.R.G.M. », Edit. B.R.G.M. Orléans, n° 55, 624 p.

* Centre de recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux, G.I.S. (C.N.R.S.-B.R.G.M.), 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans Cedex.

RS. 1551

Volcanisme cambrien dans les Monts de l'Est de Lacaune

M. DONNOT,
L. GACHET *
avec la collaboration
de M. TEGYEY

Cambrian volcanism of East Lacaune Mountains (France)

La mise en évidence dès 1974 d'un volcanisme cambrien à la fois basique (C. Alsac, M. Donnot) et kératophyrique (C. Boyer) dans la région NE de la Montagne noire a nécessité ultérieurement des études plus détaillées sur le terrain et en laboratoire afin de répondre aux objectifs qu'impliquait alors l'inventaire minier régional (M. Aubague, B. Moyroud).

Il fallait tenter de dégager les caractères pétrographiques, géochimiques et structuraux de cette série volcanique afin d'en apprécier l'intérêt pour les recherches en cours.

A compter de 1979, différents travaux ont été réalisés pour partie par les services du B.R.G.M. (cartographie au 10 000e, études pétrographiques, analyses chimiques) et, pour l'autre, avec la collaboration de l'Université de Lyon (B. Moine et M. Piboule) ce qui s'est concrétisé par une thèse de 3e cycle (L. Gachet, 1983) où un effort soutenu dans le domaine pétrochimique a été effectué (135 analyses chimiques, majeurs et traces).

Localisation et composition des volcanites. Les deux unités écaillées de Brusque et du Mont Merdelou contiennent l'ensemble des volcanites affleurant surtout dans la zone de chevauchement qui leur est contiguë et qui apparaît en fenêtre d'érosion.

Les levés de terrain ainsi que les différentes études pétrochimiques font ressortir trois groupes principaux de volcanites qui, schématiquement, correspondent à trois types d'émissions différents mis en place lors d'événements successifs éo- à tardi-cambrien pour la région donnée.

a) Un volcanisme basique, ancien, à tendance tholéïtique, comprenant essentiellement des brèches spilitisées d'aspect divers, dont les puissants agglomérats d'Ensèges à éléments basaltiques monogéniques (51-57 % SiO_2), entourés d'une matrice chloriteuse. A côté du plagioclase albitisé et de quelques reliques de clinopyroxène, la lave est surtout caractérisée par une paragenèse secondaire, à chlorite, épidote, actinote, plus pumpellyite, prehnite et quartz. Ces roches étaient autrefois confondues avec des « porphyroïdes » ou tufs rhyolitiques affleurant dans un autre contexte (blavièrites de l'unité Avène-Mendic).

b) Un volcanisme de composition intermédiaire à acide montrant une tendance calco-alcaline, infracambrien inférieur à moyen qui apparaît sous deux aspects, ou bien en dépôts volcanosédimentaires ou bien en laves sub-concordantes en partie d'origine hypovolcanique.

• *Le premier type* correspond aux couches interstratifiées (Lacan, Rocozels, Sud Merdelou) témoins des variations latérales tant Est vers Ouest que Nord vers Sud. Si les laves *(basiques)* sont rares, les projections y sont abondantes parfois remaniées ; elles constituent deux mégaséquences à dominante *kératophyrique* séparées par des horizons repères d'épiclastites ou de cinérites potassiques ou encore de calcaires.

• *Le second type* riche en laves est : soit exceptionnellement *acide* comme la *rhyolite ignimbritique* de Rocozels ou celle du Mas Nau, soit *intermédiaire* (54-57 SiO_2, 19,5 % Al_2O_3) comme les coulées (?) de *méta-andésites* du Massié-Gabaude qui longent le revers sud de l'anticlinal du Merdelou, roches non reprises au Cambrien moyen.

c) Enfin, des « dolérites » ou ophites de la Montagne Noire, qui sont d'âge Cambrien inférieur et moyen pour l'essentiel, post-silurien en d'autres lieux. Ces manifestations lardent littéralement l'unité du Merdelou sur les deux flancs. Elles sont ferromagnésiennes à clinopyroxènes, calciques et toujours albitiques avec une texture ophitique.

L'étude pétrochimique a montré le caractère sodique et hypo-potassique commun à l'ensemble de ces volcanites, éloigné d'une « évolution alcaline ». Ceci est cohérent avec leurs caractères minéralogiques, typiques des séries de spilites-kératophyres. L'apparition de phases minérales liées à des altérations, (telles que silicification, potassification, etc.) induit une certaine dispersion dans les diagrammes basés sur les combinaisons d'éléments majeurs.

Les éléments en traces — Y, Zr, Ti notamment — permettent d'exclure l'existence d'une lignée alcaline et indiquent une tendance tholéitique pour les agglomérats et les laves basiques interstratifiées.

Le fait que les volcanites basiques (dolérites incluses) et intermédiaires — entre autres — s'interpénètrent dans les zones les plus déformées, tangentielles aux unités, rend difficile en ces lieux leur identification primaire et leur attribution à telle ou telle lignée magmatique précise.

En conclusion, les volcanites de cette région présentent des caractères qui ont varié à travers les épisodes émissifs influencés eux-mêmes par le jeu des serrages et des distensions tectoniques. Les premières compressions interrompent la principale phase de projection échappée d'un bâti préalablement structuré et ouvert (horst éocambrien fini-varisque). Du volcano-sédimentaire s'est déposé en bordure immédiate de cette paléoride active ultérieurement injectée d'intrusions et coulées plus tardives. L'ensemble est replissé et écaillé lors des phases majeures hercyniennes puis soumis à des effets locaux de coulissements tardihercyniens (mylonites).

Références :

DONNOT M., MILESI J.P. (1982). — Cadre géologique, inventaire et typologie des minéralisations des Monts à l'Est de Lacaune ; pp. 32-94 *in* rapport : 82 SGN 840 GMX, fin action concertée B.R.G.M./C.E.E. n° 007-79-7 « Minéralisations polymétalliques Cu-Pb-Zn du Paléozoïque français ».

GACHET L. (1983) — Contribution à l'étude du volcanisme cambrien des unités de Brusque et du Merdelou ...approches pétrographique et pétrochimique. Thèse 3e cycle, Lyon, 172 p.

* Université de Lyon.

Traits paléogéographiques majeurs et minéralisations du Cambrien des Monts de l'Est de Lacaune

Main paleogeographic features and mineral occurrences of the cambrien of the Mountains East of Lacaune

M. DONNOT
J.P. MILESI

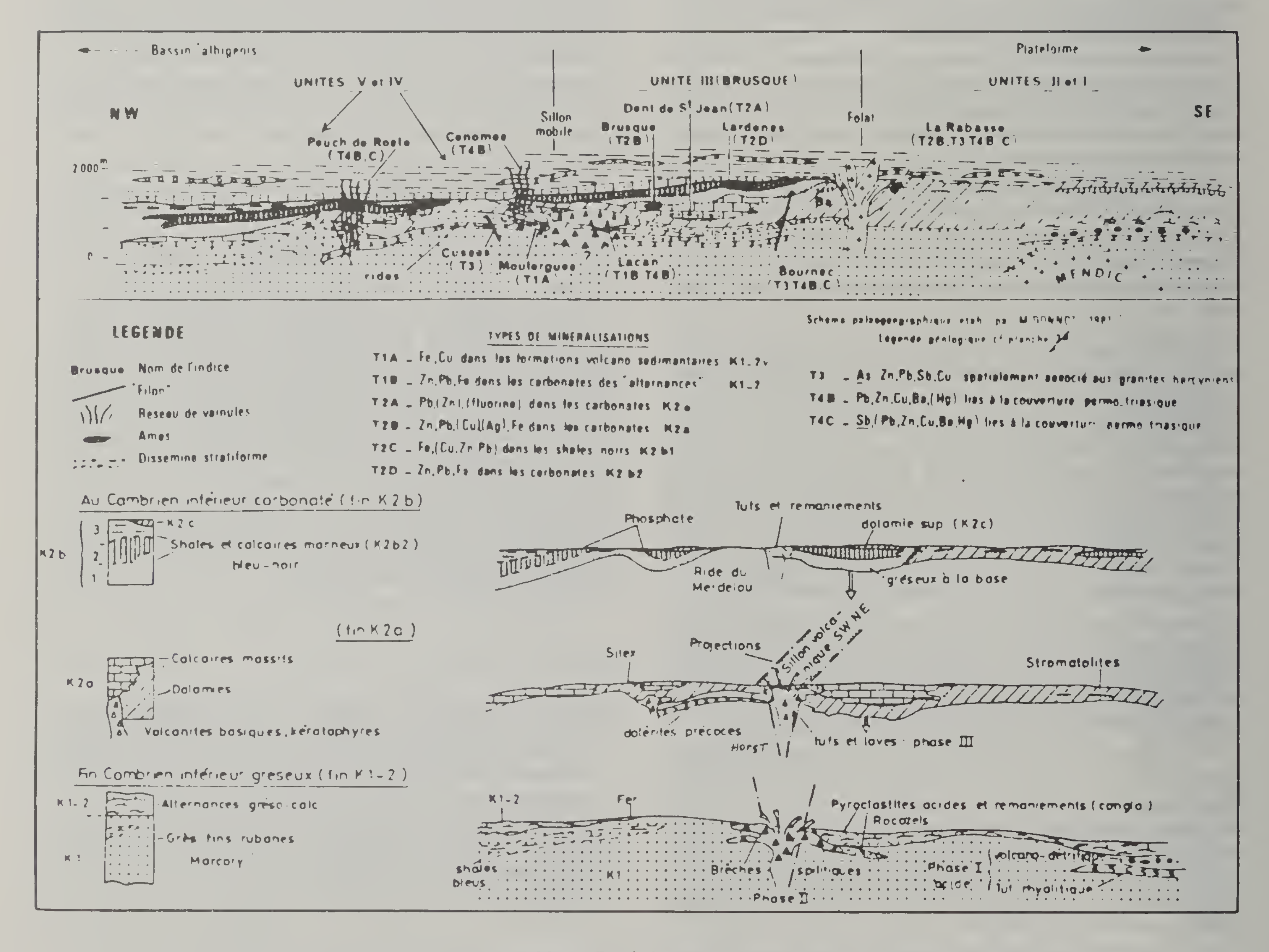
La typologie des indices sulfurés des Monts de l'Est de Lacaune ayant été décrite à la fin de la première phase du contrat CEE n° 007-79-7 MPPF *(cf.* rés. scient. 1981 n° 1 209), il restait à en préciser le cadre structural et paléogéographique. Cet objectif a été mené parallèlement à l'élaboration de la notice explicative de Bédarieux 1/50 000 avec la collaboration de l'université d'Orsay.

Auparavant, une série volcanique uniformément acide était considérée comme la base du Cambrien inférieur. Les études ultérieures ont montré que sédimentation paléozoïque et manifestations volcaniques se sont développées ensemble ou séparément dans des aires spécifiques et à des époques différentes qui vont du Cambrien inférieur au Silurien selon la région considérée, depuis le versant sud de la Montagne Noire jusqu'à l'Albigeois.

Structures précoces, anté-hercyniennes

En particulier, dans le versant nord, ces travaux ont mis en évidence d'une part, un volcanisme à caractère spilitique et kératophyrique, association jusqu'alors inconnue et, d'autre part, une succession logique d'aires isopiques, que l'on pourrait intégrer dans la paléogéographie précoce du cycle calédonien, le volcanisme constituant un des marqueurs de l'évolution géodynamique.

Schématiquement, deux vastes domaines paléogéographiques apparaissent au travers des restructurations hercyniennes. Le *premier* regroupe les séries de la plateforme carbonatée du Cambrien inférieur II, dépôts similaires à ceux du versant sud de la Montagne Noire ; les tufs rhyolitiques de l'unité d'Avène-Mendic ayant pu se mettre



Monts Est de Lacaune
Situation des principaux indices et des types de minéralisations reportés sur le schéma paléogéographique au Cambrien

en place de part et d'autre d'une zone en voie d'émersion accumulant du fer, et proche (?) d'un axe « Sorezois-Mendic-Lodevois ».

Le *second domaine,* septentrional, est plus ouvert vers le bassin. Il témoigne d'importants changements de sédimentation au Cambrien inférieur II avec une tendance prononcée à l'accumulation des dépôts euxiniques par ailleurs présents dans le seul versant nord Montagne Noire. Une mégastructure précoce s'en distingue en formant écran dans la marge méridionale (unité de Brusque) du domaine. C'est la ride anticlinale du Mont Merdelou — Pic de Roste, ex. *paléozone bombée* à forte réduction des carbonates, qui porte à la fois la signature d'un domaine marin restreint (plate-forme interne) proche des conditions d'émersion et celle d'un volcanisme (et volcanosédimentaire) syntectonique. Celui-ci s'est instauré grâce à un faisceau précoce de fractures sensiblement orienté E.NE-W.SW.

Minéralisations phosphatées et indices sulfurés

Les principaux *indices calcaréo-phosphatés* longent de manière quasi continue le flanc nord de la paléostructure instable (unité IV). Si les phosphorites (croûtes, oncolites) décrites par J.P. Prian (1979) apparaissent proximaux de la zone d'émersion, par contre les indices remaniés qui alternent avec des volcano-clastites et épiclastites sont distaux et sont prépondérants côté bassin ouvert (unité V). Il y a là une nette zonalité.

Les *minéralisations sulfurées* (Pb, Zn) stratiformes se distribuent en chapelets kilométriques de part et d'autre de la zone mobile. Ceux du Nord (Monseignes, Mas Raynal...) longent la limite méridionale du bassin ouvert (unité V). Ceux du Sud (Brusque, Lardenas...) se situent entre ride et plate-forme externe, en milieu restreint (unité III). Enfin, la minéralisation de La Rabasse est sise à l'aplomb de la plate-forme carbonatée, très proche du toit stratigraphique des grands carbonates.

Référence :

DONNOT M., FOURNIER B., LULIN J.-L., MILESI J.-P., et POUIT G. (1982). — Les minéralisations polymétalliques Cu-Pb-Zn du Paléozoïque français. Synthèse des résultats et travaux effectués dans les Pyrénées et les Monts à l'Est de Lacaune (Aveyron). Rapport B.R.G.M. 82 SGN 840 GMX, 94 p., 3 annexes, 1 planche carte 1/50 000.

RS. 1553

Etude isotopique (O, H, S) de l'environnement volcanosédimentaire dévonien supérieur du gîte de Chizeuil (Saoône-et-Loire)

Isotopic geochemistry (O, H, S) of Upper Devonian volcanosediments from the Chizeuil pyrite deposit (Saône-et-Loire)

A.-M. FOUILLAC
S. LACASSIE
J. DELFOUR

L'étude de la minéralisation de Chizeuil à l'aide des isotopes stables (O, H, S) se poursuit actuellement. Ce gîte de pyrite se situe dans un environnement volcanosédimentaire métamorphisé par le granite namuro-westphalien de Luzy (Rapport B.R.G.M. 82 SGN 895 GEO).

Des échantillons du granite, des quartzites, des kératophyres, et des roches basiques ont été sélectionnés et analysés. Sur la plupart des échantillons on a procédé au triage des différentes phases minérales pour l'étude isotopique de l'oxygène sur minéraux.

Sur le granite frais on détermine une température subsolidus de 550 °C. Le fluide magnétique est caractérisé par des valeurs de l'ordre de 8 ‰ en oxygène et — 60 en hydrogène.

Les granophyres de bordure sont plus ou moins hydrothermalisés. Certains gardent des minéraux en équilibre avec le fluide magmatique à des températures de 540 à 600°C. D'autres présentent des déséquilibres entre minéraux qui témoignent de l'échange préférentiel des feldspaths avec le fluide présent pendant leur refroidissement. Les $\delta^{18}O$ des minéraux de paragenèse secondaire (feldspath-séricite) permettent de déterminer une température d'interaction de 300 à 350 °C avec un fluide de $\delta^{18}O$ 3.4 à 4.3 et δD - 43 à - 24. C'est-à-dire soit un fluide d'origine métamorphique soit le fluide magmatique échangeant à plus basse température en milieu fermé.

Les analyses des quartz et des muscovites des quartzites de l'amas Foulquière permettent de calculer des températures d'environ 570 °C qui correspondent au réajustement de ces minéraux sous l'effet du métamorphisme de contact du granite. Ce réajustement à faible échelle (réajustement intergranulaire) est souvent constaté. Par contre, le quartz étant un minéral assez résistant aux échanges isotopiques, il est plus difficile de dire si cette homogénéisation isotopique a eu lieu à plus grande échelle et par conséquent, si les quartz ont gardé leur $\delta^{18}O$ initial ou si ils ont rééchangés avec leur encaissant. Si cet échange à grande échelle a lieu, le $\delta^{18}O$ des quartz doit être uniforme entre les différentes unités. Actuellement, nous ne disposons pas d'analyses de quartz des kératophyres pour faire cette comparaison. On observe toutefois que le domaine des $\delta^{18}O$ (9.0 à 10.2 plus une valeur de 11.9) de l'amas Foulquière recoupé par une apophyse du granite, recouvre le domaine des quartz (9.0 à 9.5) de l'amas Martin considéré comme plus éloigné du granite. Le domaine total de variation de ces quartz est relativement restreint.

Les muscovites sont très homogènes en oxygène (7.1 à 7.5) et en hydrogène (— 48 à — 61) (pour l'amas Foulquière, analyses en cours pour l'amas Martin) et sont rééquilibrées à la température du métamorphisme ; dans ces conditions les caractéristiques du fluide en équilibre avec

les muscovites sont $\delta^{18}O \simeq 7.6$ et $-46 < \delta D < -50$. C'est-à-dire identiques à celles du fluide magmatique.

Les $\delta^{18}O$ des inclusions des quartz de Foulquière présentent un domaine de valeurs identiques de — 48 à — 57 ; (2 valeurs nettement plus basses à — 107 et — 138 correspondent probablement à des réouvertures des inclusions et ne sont pas retenues ici).

Si toutefois les $\delta^{18}O$ des quartz ne sont pas réhomogénéisés à grande échelle et qu'ils correspondent à des valeurs acquises avant le métamorphisme, on peut remarquer que de telles valeurs (9 à 10.2) correspondent à un équilibre avec de l'eau de mer à des températures de l'ordre de 300 °C.

Signalons enfin que les valeurs de soufre de la pyrite (massive ou disséminée) sont très homogènes dans les quartzites : — 2.7 à 0.7. L'étude des $\delta^{34}S$ sur les autres unités est en cours.

RS. 1554

Contribution à l'étude des volcanismes Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur du Nord-Est du Massif central (France)

Contribution to the study of Upper Devonian and Lower Carboniferous volcanisms of the north-eastern part of Massif central (France)

J. DELFOUR
C. GIGOT
B. LEMIERE
P. VUAGNAT *

Les travaux menés sur les séries volcanosédimentaires dévono-dinantiennes du Nord-Est du Massif central se sont attachés plus particulièrement à préciser la succession et la position stratigraphique des divers volcanismes s'étendant dans la partie méridionale du Faisceau du Morvan, à poursuivre en Montagne Bourbonnaise et Pays d'Urfé la recherche de la nature magmatique des volcanites et enfin à apporter une contribution à la connaissance de l'environnement volcanique du gîte de Chessy (Rhône).

Ces travaux s'apparentent donc à ceux déjà réalisés sur le gîte de Chizeuil (Delfour et *al.,* 1982 ; Lemière, 1983).

Dans la région de Bourbon-Lancy (Saône-et-Loire), la succession lithostratigraphique du Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur a pu être établie, elle s'appuie en outre sur les datations paléontologiques antérieures et sur celles réalisées au cours de cette étude, ces dernières apportant des données stratigraphiques nouvelles.

Certains niveaux de laves et de tufs bien caractérisés sur les plans volcanogénique et géochimique ont pu être suivis avec plus ou moins de succès du secteur de Chizeuil à celui de Gilly-sur-Loire, confirmant ainsi le synchronisme des manifestations volcaniques rencontrées dans ces deux secteurs.

En Montagne Bourbonnaise et Pays d'Urfé, l'affinité magmatique des volcanites basiques attribuées au Dévonien supérieur (Complexe d'Arronnes) a été mise en évidence par l'analyse des reliques de clinopyroxène primaire ; c'est une série assez semblable à celle de Chizeuil *(op. cit.)* : plutôt calco-alcaline bien que présentant des affinités tholéiitiques.

A Chessy (Vuagnat, *à paraître*), une série de métavolcanites acides à basiques constitue l'enveloppe de minéralisations sulfurées polymétalliques massives. Deux lignées basaltiques sub-alcalines et d'affinités tholéiitiques abyssales franches s'expriment au niveau du site. Ces deux lignées, caractéristiques d'un régime dynamique distensif, dérivent par cristallisation fractionnée de deux magmas mantelliques enrichis, et peuvent être rapportées à un volcanisme de type transitionnel, entre un domaine océanique et un domaine continental. Compte tenu de l'immaturité de basaltes précoces (200 à 550 ppm Cr), de faibles taux de fusion partielle (10 à 20 %) sont invoqués dans la genèse de ces magmas. L'étude des modalités de fractionnement de lignées basiques et acides, malgré l'absence de termes volcaniques intermédiaires, identifie les matériaux kératophyriques comme les produits ultimes de la différenciation magmatique de basaltes de Chessy. Ces données géochimiques sur ce magmatisme développé sur un substratum gneissique, marque l'ouverture d'un rift continental et plaide en faveur de l'implantation de la série volcanique de Chessy dans un domaine de bassin marginal arrière-arc.

Des faciès de quartzites séricíteux rubanés pyriteux sont intimement associés aux minéralisations massives polymétalliques. Le comportement mimétique, au niveau d'éléments traces réputés inertes (Y-Zr-Nb), entre les kératophyres et ces matériaux hydrothermaux, suggèrent, par leur identité géochimique, une origine volcanique commune.

Références :

DELFOUR J. et *al.* — Etude du gîte de pyrite de Chizeuil (Saône-et-Loire) et de son environnement volcano-sédimentaire dévonien et dinantien. Compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par la D.G.R.S.T., 14 septembre 1980. Rapport B.R.G.M. 82 SGN 895 GEO.

LEMIERE B. — L'amas sulfuré de Chizeuil (Saône-et-Loire) : Etude géochimique de son environnement volcanosédimentaire Dévonien supérieur et de son auréole d'altération hydrothermale . Document B.R.G.M. (1983), n° 54, 156 p.

VUAGNAT P. *(à paraître).* — Etude cartographique, pétrographique et géochimique des formations dévoniennes et dinantiennes du Beaujolais central et méridional — le complexe volcano-plutonique de Marchampt, l'enveloppe volcanosédimentaire du gîte de Chessy.

* Université Claude Bernard, Lyon 1, Laboratoire de pétrographie, E.R.A. au C.N.R.S. n° 805, 43, bd du 11 novembre, 69622 Villeurbanne Cedex.

RS. 1555

Minéralogie et genèse des amas sulfurés de Peristerka et de Pitharokhoma liés aux complexes ophiolitiques du Troodos (Chypre)

Mineralogy and genesis of Peristerka and Pitharokhoma massive sulphide deposits in the Troodos ophiolite complex in Cyprus

E. OUDIN
J. JENSENIUS *

Les amas pyriteux de Pitharokhoma et de Peristerka (Chypre) sont intercalés dans une série de pillow-lavas d'âge Crétacé supérieur appartenant au complexe ophiolitique du Massif du Troodos.

L'étude minéralogique en sections polies des échantillons de Pitharokhoma (Jensenius et Oudin, 1983) montre que si la pyrite est, comme dans la plupart des amas chypriotes la phase prédominante, la chalcopyrite et plus rarement la blende sont assez abondantes. Pyrrhotite, galène, hématite, goethite et covellite sont également observés en trace. On remarque la présence dans un échantillon, de pyrite disséminée présentant une zonation de type bravoïte due à la présence d'arsenic en teneur pouvant atteindre 5 %. Le minerai massif présente parfois une porosité très élevée ; la structure peut également être bréchique. La faible abondance des minéraux de gangue (essentiellement du quartz) est caractéristique. Les associations minérales observées dans les veinules recoupant le basalte hydrothermalisé sont similaires à celles du minerai massif. Dans ces veinules, la paragenèse observée, l'absence d'exsolution de blende dans la chalcopyrite, la relative faible teneur en fer des blendes (en moyenne 3 %) ainsi que les études d'inclusions fluides dans les quartz associés (Jensenius, 1984) sont compatibles avec des températures de formation de 250 à 350° C comme dans certaines cheminées hydrothermales étudiées près de 21° N dans la Ride Est Pacifique qui présentent les mêmes caractéristiques (Oudin, 1981).

A Pitharokhoma, l'étude des structures indique que la minéralisation massive s'est formée par remplacement ou remplissage de cavités du basalte et/ou sous forme de concrétions sur le plancher océanique.

Des concrétions de pyrite récemment formées à proximité de la Ride des Galapagos (Malahoff, 1982 ; Malahoff et *al.*, 1983) ont été décrites (Oudin, 1982) qui sont tout à fait comparables à celles observées dans les échantillons de Pitharokhoma (fig. 1). Comme dans d'autres amas de Chypre et dans les gisements de la Ride Est Pacifique, des structures circulaires de pyrite incluses dans du quartz ou de l'opale pourraient correspondre à des tubes de vers (ou autres, animaux fréquents près des évents) fossilisés.

Des travaux antérieurs ont montré la similitude des paragenèses et faciès minéraux des gisements actuels de la Ride Est Pacifique et fossiles de Chypre (Oudin et *al.*, 1981). Plus rarement des fragments de cheminées hydrothermales ont été identifiés dans certains amas chypriotes (surtout à Peristerka) qui sont tout à fait semblables par leur paragenèse, leur texture, leur zonation et leur taille à celles observées vers 21° N sur la Ride Est Pacifique et qui se forme jusqu'à des températures de 350° C (Oudin et Constantinou, 1984).

Toutes ces observations indiquent que les minéralisations de Chypre ont pu s'être mises en place à proximité de l'interface basalte-eau de mer et dans une gamme de température semblable à celle mesurée ou évaluée sur les évents actifs ou récemment actifs de divers sites de la Ride Est Pacifique.

Références :

JENSENIUS J., OUDIN E. (1983). —Mineralogy of the Pitharokhoma ore deposit. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 870 MGA.

JENSENIUS J. (1984). — The geology and petrology of the Pitharokhoma sulphide deposit. Master thesis, University of Copenhague (en *préparation*).

MALAHOFF A. (1982). — Comparisons of the massive submarine polymetallic sulphides of the Galapagos rift with some continental deposits. *Marine technology Society Journal,* Vol. 16, n° 3, pp. 39-45.

MALAHOFF A., HEMBLEY R.W.., CRONAN D.S., SKIROW R. (1983). — The geological setting and chemistry of hydrothermal sulphides and associated deposits from the Galapagos rift at 86° W. *Marine Mining,* Vol. 4, n° 1, pp. 123-137.

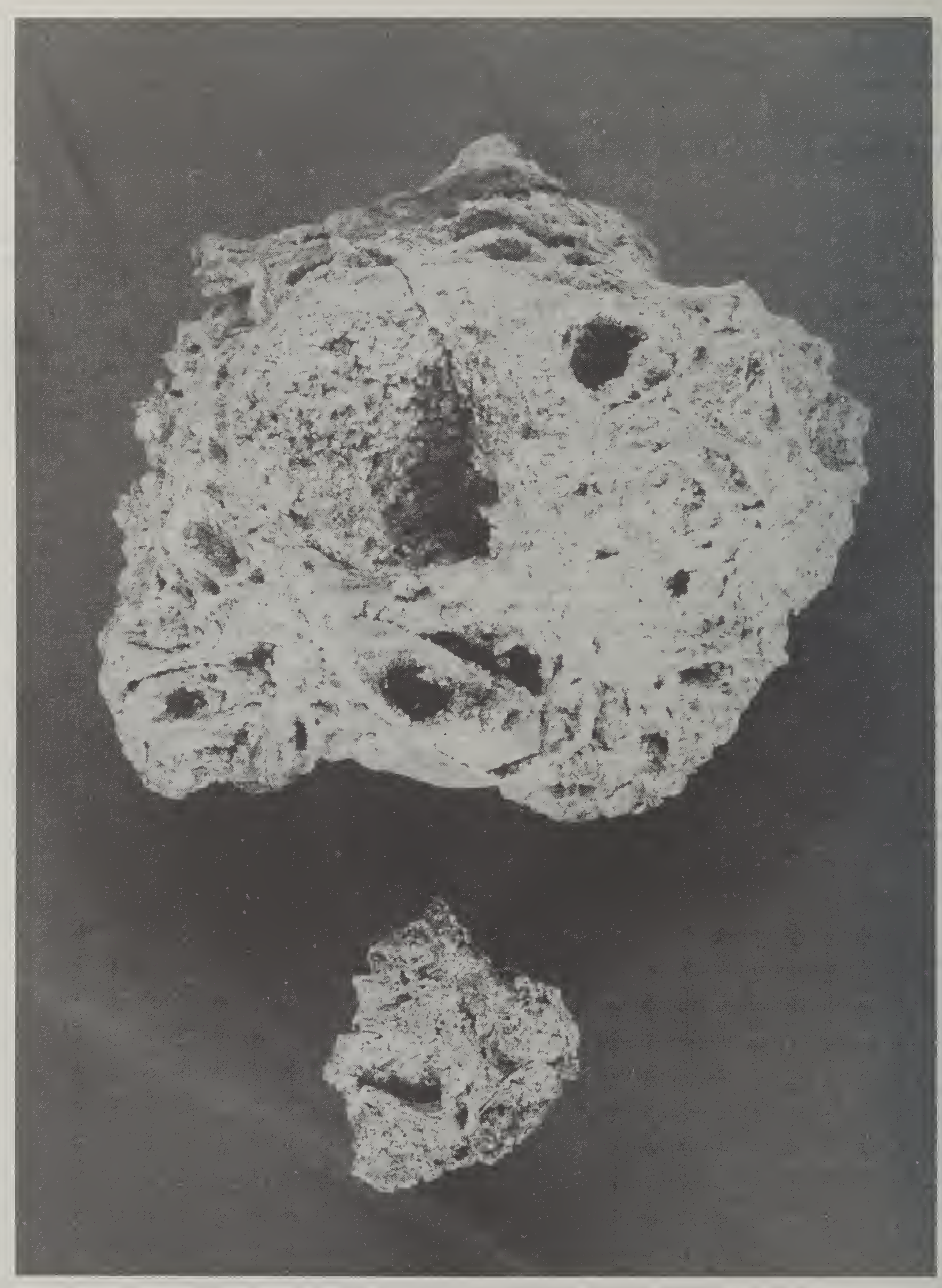
OUDIN E. (1981). — Etudes minéralogiques et géochimiques des dépôts sulfurés sous-marins actuels de la Ride Est Pacifique (21° N). Document B.R.G.M. n° 25, 241 p.

OUDIN E. (1982). — Mineralogical study of hydrothermal sulphides collected on the Galapagos rift at 0° 45′ N : a comparison with other rift sulphides. Rapport B.R.G.M. 82 SGN 841 MGA.

OUDIN E., PICOT P., POUIT G. (1981). — Comparison of sulphide deposits from the East Pacific Rise and Cyprus. *Nature,* Vol. 291, n° 5 814, pp. 404-407.

OUDIN E., CONSTANTINOU G. (1984). — Black smoker chimney fragments in Cyprus ore deposit. *Nature,* Vol. 308, n° 5 957, pp. 349-352.

* Institut for Petrology, Université de Copenhague, Oster Volgade 10, DK 1350 Copenhague (Danemark).



Agrégat spongieux de pyrite. L'échantillon du haut provient de la mine de Pitharokhoma. L'échantillon en bas de la photo provient de la Ride des Galapagos.

RS. 1556

Le district à amas sulfurés polymétalliques de Bathurst-Newcastle (New-Brunswick, Canada) dans son environnement géotectonique : étude bibliographique

The polymetallic massive sulfide deposits of the Bathurst-Newcastle area (New-Brunswick, Canada) in their geotectonic setting : bibliographic study

J.-M. BOIRAT

Cette étude a pour cadre le district à amas sulfurés de Bathurst-Newcastle (New-Brunswick, Canada). Les minéralisations de ce district qui totalisent environ 15 000 000 t de Zn, 6 000 000 t de Pb, 1 250 000 t de Cu, 17 000 t d'Ag et 100 t d'Au, ont été replacées dans leur environnement géologique et métallogénique, régional et local ce qui a conduit à envisager le cadre géotectonique de leur mise en place.

Ces amas sulfurés sont de type polymétallique exhalatif volcanogénique. Ils sont associés à un complexe volcano-sédimentaire ordovicien (le «Tetagouche Group») où dominent les formations volcaniques felsiques.

L'étude de l'environnement géologique de ces minéralisations tant à l'échelle locale (le «Tetagouche Group») qu'à l'échelle régionale (les Appalaches canadiennes) a permis d'établir un modèle de cadre géotectonique et géodynamique de mise en place de ces amas sulfurés. Ce cadre est celui d'une marge continentale, active à l'Ordovicien (zone de Gander) et développée en bordure d'un microcontinent (l'Avalon) sous lequel le fond d'un océan en voie de fermeture (l'océan Lapetus) subissait une subduction.

Deux cadres géodynamiques actuels ont été étudiés afin d'être comparés avec ce modèle :

— l'arc de Luzon (Philippines) qui présente une évolution comparable à celle envisagée à l'Ordovicien pour les Appalaches canadiennes ;

— l'archipel de la Sonde qui est bordé au sud-ouest par une marge active aux caractéristiques dimensionnelle, volcanique, et métallogénique comparables à celles de la zone de Gander dans laquelle se trouvent les minéralisations du district de Bathurst-Newcastle.

Référence :

BOIRAT J.-M. (1983). — Le district à amas sulfurés polymétalliques de Bathurst-Newcastle (New-Brunswick, Canada) dans son environnement géotectonique : étude bibliographique. *Chron. rech. min.*, n° 473, pp. 3-24, 8 fig., 5 tabl.

RS. 1557

Applications de l'analyse volcanologique au gisement de Jabal Sayid (Cu) (Arabie Saoudite). Conséquences pour la recherche d'éventuelles extensions

Application of the volcanologic analysis to the Jabal Sayid copper deposit (Saudi Arabia)

J.-P. MILESI
avec la collaboration
de A. LACOMME

Le gisement de Jabal Sayid est localisé (métallotecte de premier ordre) à la jonction de deux ceintures volcano-sédimentaires minéralisées du bouclier arabo-nubien : ceinture NE-SW (Jabal Sayid-Ariab) et N-S (Al Masane-Nuqrah).

Il prend place (métallotecte de deuxième ordre) dans une série volcanique acide minéralisée (MHU) antérieure à une couverture volcanodétritique où l'on distingue notamment un conglomérat repère défini par G. Sustrac (open file B.R.G.M. Jeddah, 1983).

L'unité MHU se dispose le long de la bordure nord d'un complexe granito-gneissique ancien antérieur (environ 810 MA).

Dans l'environnement immédiat du gisement de Jabal Sayid l'unité MHU, formant un paléorelief, est recouverte en discordance par des séquences détritiques et volcano-détritiques où s'intercalent quelques volcanites sous-marines de chimisme intermédiaire. D'autres petits paléoreliefs MHU percent à travers cette même couverture.

La série minéralisée MHU a été structurée (anticlinorium de direction N 30° à 40° E) antérieurement au dépôt de la couverture.

Les corps minéralisés sulfurés OB1, OB2 et OB4 constituant le gisement, se situent au sein de la série MHU sensiblement à un même « moment » stratigraphique (MBH2) (métallotecte de troisième ordre). Ils s'ordonnent suivant un alignement étroitement contrôlé par des paléofractures synvolcaniques actives au moment MBH2.

Le stockwerk sous OB4 (14,9 Mt à 2,55 Cu) est contrôlé au moment MBH2, par une paléofracture PF1 également à l'origine d'une extrusion rhyolitique.

L'amas pyriteux stratiforme à Zn OB4 (5 Mt à 4 % Zn et 0,5 % Cu) serait associé à un premier stockwerk (première pulsation à pyrite, chlorite, blende et rare chalcopyrite issu de la paléofracture PF1).

Le stockwerk sous OB2 (2,5 Mt à 2,99 % Cu) est contrôlé par un couloir de paléofracture (PF3) ultérieurement

EXPLANATION

Upper Volcanosedimentary Unit

A — Submarine volcanic rocks of intermediate chemical composition

Dc ~ Uc — Local disconformity or unconformity

BS — Detrital and volcanodetrital rocks

Uc — Unconformity (boundary of the MHU unit, paleorelief)

Lower Unit : silicic volcanic sequences of Jabal Sayid

Mineralized host unit (MHU)

Hanging wall

HW1, HW3 — Hanging wall (only slightly altered) : pyroclastic tuff and flows, crystal lapilli tuff, quartz-eye porphyry (sills)

HW2 — Tuffite marker bed

ρ — Volcanic vent

Moment of mineralization



MBH2 Mineral-bearing horizon 2 comprising :

Orebodies OB 1, OB 2, OB 4, accompanied by hydrothermal alteration

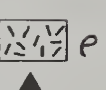


Gossan

Outline of OB 4 orebody at 657 m level

Jasper

Local volcanic structures



ρ Extrusion, dome-flow, sheet (Silicified cortex)

Volcanic vent, source of the silicified lavas

Various pyroclastics, reflecting explosive activity : crystal lapilli tuff, pyroclastic breccia

PF1 to PF5 — Paleofractures active at the MBH 2 moment

Footwall

FW — Pyroclastic flows of the pumice-flow type markers with subordinate tuffs

MBH1 — Mineral-bearing horizon 1, marked by jasper (MBH1)

LFW1 — Lower footwall : green tuffite marker bed

LFW — Lower footwall : pyroclastic flows and breccias (strongly silicified)

Symbols

Anticlinorium

OB1, OB2, OB4 — Orebodies 1, 2, 4

FA — Fractures, called FA in text

a b — Paleofractures : a : diffuse silicification at the top of paleofractures; b : assumed paleofractures

MBH2 / FW — Projection of geologic contact between MBH 2 and FW below 600 m

EVF — East valley fault

réactivé et à l'origine de l'East Valley fault (EVF) (décrochement dextre à rejet apparent de 300 m).

L'amas stratiforme OB1 est constitué par un corps pyriteux à Zn (2,3 Mt à 2,7 %), pauvre en Cu (0,5 %). Il se poursuit latéralement par un corps de minerai bréchique cuprifère (3,7 Mt à 2,1 % Cu et 1,35 % Zn) contrôlé par une paléodépression creusée dans des tufs à cristaux de l'horizon MBH2 et limitée par les accidents EVF-PF3. Ce corps minéralisé cuprifère consiste en une brèche de démantèlement de minerai offrant un net classement, en grand, depuis une brèche à boulders jusqu'à un minerai détritique fin.

Les progrès réalisés dans les études lithostratigraphiques et structurales permettent de rattacher au moment minéralisé MBH2 d'autres indices du district tel le « South West Level » et à un autre moment favorable (MBH1) le « South gossan » et d'autres occurrences de la zone sud-est.

On peut maintenant envisager la recherche de gîtes cachés dans le même district en couplant les nouveaux indicateurs gîtologiques à une révision de tous les résultats antérieurs de l'exploration, en particulier géophysiques et géochimiques.

RS. 1558

Contrôle des minéralisations volcanosédimentaires protérozoïques d'Arabie Saoudite (Cu, Zn, Au, Ag)

Volcanosedimentary proterozoïc mineralizations controls in Saudi Arabia

J.-P. MILESI
G. POUIT
J.-C. PREVOT
H. SABIR

Les ceintures volcanosédimentaires d'Arabie (700-800 MA) s'insèrent en bandes N.NW et NE, dans le prolongement de celles du Soudan, au sein d'un bâti granodioritique morcelé (~ 800 MA). Des données isotopiques (Pb, Sr,) récentes indiqueraient qu'elles se sont créées sur une croûte mince ou amincie, s'apparentant au modèle archéen. Ces ceintures conservent les témoins d'une croûte océanique sous forme d'écailles de serpentinites.

Les minéralisations associées sont globalement homogènes et typiques du groupe volcanosédimentaire. Toutefois, abondance et variété des tellurures, fréquence des minéraux de Bi, Ni-Co et Mo et importance des carbonates Fe-Mg, de barytine et de talc constituent des traits régionaux de la province arabe.

Les gîtes étudiés (une vingtaine environ) sont toujours liés aux phases acides du complexe volcanique différencié de chacune des ceintures, qui est constitué schématiquement de bas en haut :

— de volcanites basiques à intermédiaires, surmontées de « black shales » où s'interstratifient, localement, des volcanites acides (formations Al Masane-As Siham) ;

— de volcanites intermédiaires surmontées de volcanites acides localement mêlées à des sédiments détritiques grossiers (formations Hulayfah).

Cette succession du basique à l'acide présente deux « défauts » où se placent respectivement les deux grandes familles de gîtes reconnus : formations acides d'As Siham et séquences ignimbritiques sous-marines intercalées près de la base de l'Hulayfah acide. La première famille à métaux de base seuls (Zn, Cu, Mn, Fe,) peut être en liaison avec un volcanisme original constitué d'appareils fissuraux acides avec dépôts de carbonates associés. La seconde, riche en métaux précieux (Au, > Ag, Ba, Zn, Cu, Pb) apparaît à la fin de séquences ignimbritiques régionales, en relation avec des appareils complexes (dômes, breccia-pipes ourlés d'anneaux hyaloclastiques carbonatés). La succession dans le temps des deux familles est étroitement dépendante des discontinuités de l'évolution crustale.

Les diverses présentations des corps minéralisés sont contrôlées par des pièges périodiquement actifs, qu'ils soient structuraux (fractures, rides fissurales régionales) ou sédimentaires.

RS. 1559

Hydrothermalisme sous-marin dans l'arc insulaire des Petites Antilles, mis en évidence par l'étude texturale des encroûtements ferro-manganésifères

Evidences of hydrothermal activity by textural study of the Fe-Mn crusts from the arc insulaire of Lesser Antilles

J. KANG *
A. KOSAKEVITCH

L'étude des encroûtements océaniques de l'arc insulaire des Petites Antilles de la Ride d'Aves, entreprise au Département de géologie marine sous la direction de Ph. Bouysse, avait débouché en septembre 1983 sur une étude minéralogique au Laboratoire de minéralogie (Département M.G.A.). La première phase de cette étude a consisté en une description texturale, basée sur une

* Korean Oceanographic Research and Development Institute, Seoul, Corée.

approche morphogénétique qui avait été élaborée antérieurement dans le programme « chapeaux de fer ». L'étude est actuellement poursuivie par des approches analytiques (microsonde électronique, rayons X), dont les résultats seront présentés ultérieurement.

L'étude morphogénétique conclut à l'existence d'un hydrothermalisme sous-marin récent, inconnu jusqu'à présent dans la région considérée. Les caractéristiques morphogénétiques permettent de définir trois groupes texturaux d'encroûtements :

Groupe I : Encroûtements pluri-centimétriques à décimétriques, formés de lits ondulés d'oxyde ferro-manganésifère subcolloïdal, caractéristique de dépôts typiquement marins. Les lits ferro-manganésifères alternent sporadiquement avec des dépôts argileux riches en fer et, dans certains échantillons, avec de fins niveaux d'oxyde de Mn dépourvu de fer et optiquement isotrope.

L'oxyde ferro-manganésifère représente un dépôt concrétionné qui accentue les micro-reliefs du support ; la précipitation des métaux est donc contrôlée par une réaction (chimique ou biochimique) à l'interface solide-liquide. Au contraire, les lits argileux et, parfois certains lits d'oxyde de Mn non ferrifère, produisent un comblement des micro-reliefs ; cette propriété texturale dénote l'absence d'une réaction de surface et semble caractériser une sédimentation particulaire, ce qui implique un transport ou une réaction en milieu aqueux libre.

Groupe II : Encroûtements stratifiés épais d'oxyde de manganèse non ferrifère, recouverts en surface d'un dépôt ferro-manganésifère, semblable à celui qui caractérise le groupe I. L'oxyde de manganèse, de type birnessite-todorokite, cristallise en concrétions fibroradiées, allongées en éventails ou en colonnes, qui tendent à se souder au sommet de chaque couche. Cette texture traduit une cristallisation sphérolitique rapide, dans des conditions de nourrissage ralenti. Certaines textures permettent de penser que le manganèse se déposait initialement sous forme d'un gel très hydraté, dont la recristallisation se produisait avant le dépôt de la couche suivante. Un des échantillons de ce type contient des pseudomorphoses de silicates pyroclastiques (?) en sulfate de Al et Mg (en cours d'étude), disposées suivant le litage. Les pores entre les concrétions manganésifères sont systématiquement comblés de micrite, postérieure à la recristallisation du manganèse et, dans certains cas, postérieure au premier encroûtement ferro-manganésifère externe, d'origine marine.

La texture des couches d'oxyde de manganèse dénote un milieu aqueux sursaturé et une répétitivité rythmique des dépôts plurimillimétriques, dont l'origine semble difficile à expliquer dans un milieu marin, dépourvu d'apports hydrothermaux proximaux. En outre, l'apparition en surface d'un encroûtement typiquement marin, plus récent, traduit un arrêt spontané de la précipitation abondante de Mn, ce qui semble devoir être corrélé avec l'arrêt de l'activité volcanique sous-marine.

Groupe III : Dépôts à texture bréchique et ciment d'oxydes de manganèse en concrétions fibro-radiées. Les éléments bréchiques sont tantôt des fragments pyroclastiques, tantôt des morceaux homogènes d'une argile très hydratée du type nontronite, contenant essentiellement Si, Fe et K ; dans ce dernier cas, la texture bréchique semble résulter d'une fissuration par contraction (deshydratation), dont les effets se manifestent avant et après le dépôt d'oxydes de Mn. Les concrétions manganésifères sont souvent recouvertes d'un oxyde de Mn en cristaux microscopiques automorphes.

Ces encroûtements manganésifères dans un milieu poreux présentent de nombreuses analogies avec ceux de la surface, décrits dans le groupe II : texture fibro-radiée des oxydes de manganèse, comblement tardif des pores résiduels par du carbonate de calcium (localement chargé de squelettes de microorganismes) et, enfin, encroûtement externe par de l'oxyde ferro-manganésifère de type marin. Enfin, dans plusieurs échantillons, la partie inférieure du dépôt marin encroûtant comporte un lit lenticulaire (discontinu) d'oxyde de Mn sphérolitique, tout à fait ressemblant à celui du groupe II et qui traduit un épisode hydrothermal ultime.

De nombreux autres détails texturaux révèlent des phénomènes d'abrasion, de bréchification, de métasomatose etc. dont la description sera présentée dans un atlas des textures, en cours de préparation.

Les observations résumées ci-dessus, posent le problème de l'existence d'une activité hydrothermale sous-marine assez récente, en de nombreux points de l'arc insulaire. En dehors des zones d'activité hydrothermale, la formation d'encroûtements typiquement marins se poursuivait de manière continue et n'était que localement perturbée par des effets distaux de l'hydrothermalisme qui devait produire des modifications sporadiques dans le milieu marin.

Une synthèse globale des données et la discussion de la répartition régionale de l'activité hydrothermale mise en évidence, seront présentées dans un travail collectif, dès la fin de l'étude minéralogique en cours.

Outre sa contribution à un problème métallogénique régional, l'étude texturale effectuée illustre l'intérêt pratique de l'approche morphogénétique et, à moyen terme, permet d'envisager l'élaboration d'une typologie texturale des encroûtements océaniques, dont l'absence se ressent dans l'ensemble de la littérature spécialisée.

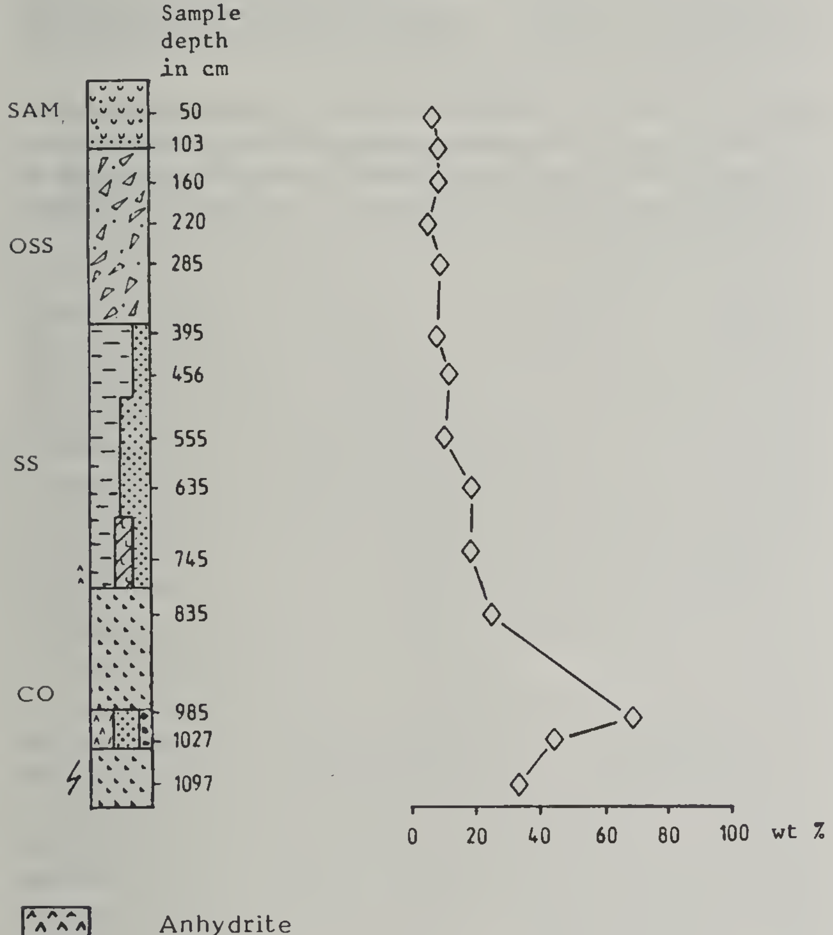
RS. 1560

Formation épigénétique de zones sulfurées dans les sédiments de la fosse Atlantis II (Mer Rouge)

Epigenetic sulphides in the Red Sea metalliferous sediments from Atlantis II

E. OUDIN
Y. THISSE
C. RAMBOZ *

Un sondage effectué dans les sédiments du bassin hydrothermal actif de la fosse Atlantis II (Mer Rouge) sous l'égide de la Commission de la Mer Rouge, a été étudié (fig. 1). Trois processus principaux contrôlent la sédimentation dans cette fosse (Backer, Richter, 1973) : une sédimentation détritique normale, une sédimentation hydrothermale (prédominante) à partir des saumures hydrothermales se stratifiant dans la fosse et des précipitations épigénétiques dues à la percolation des fluides hydrothermaux dans les sédiments non lithifiés. Ces phé-



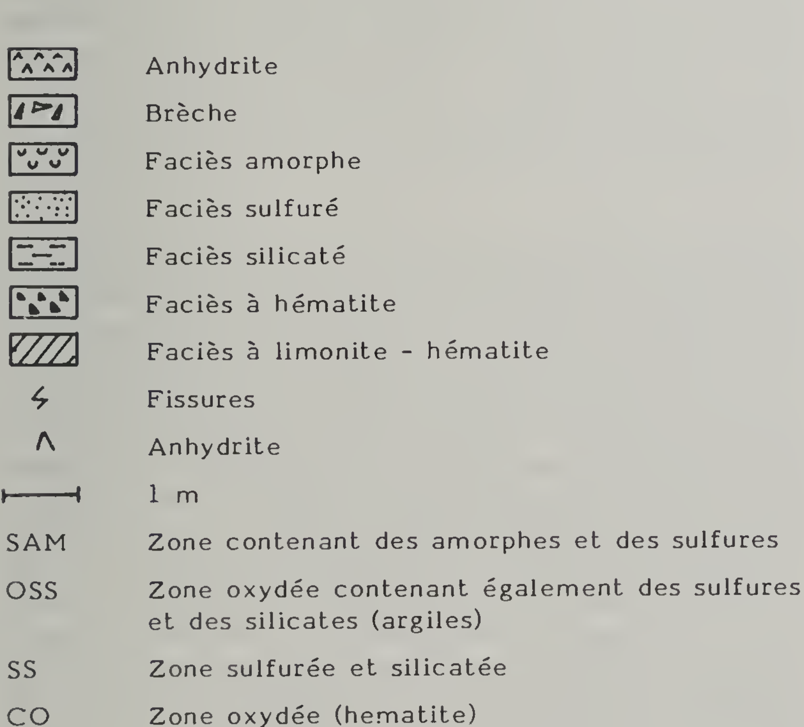


Fig. 1 — Lithostratigraphie schématique de la carotte 268 et variation de teneur en particules solides de la carotte 268 (fosse Atlantis II, Mer Rouge) d'après Thisse (1982).

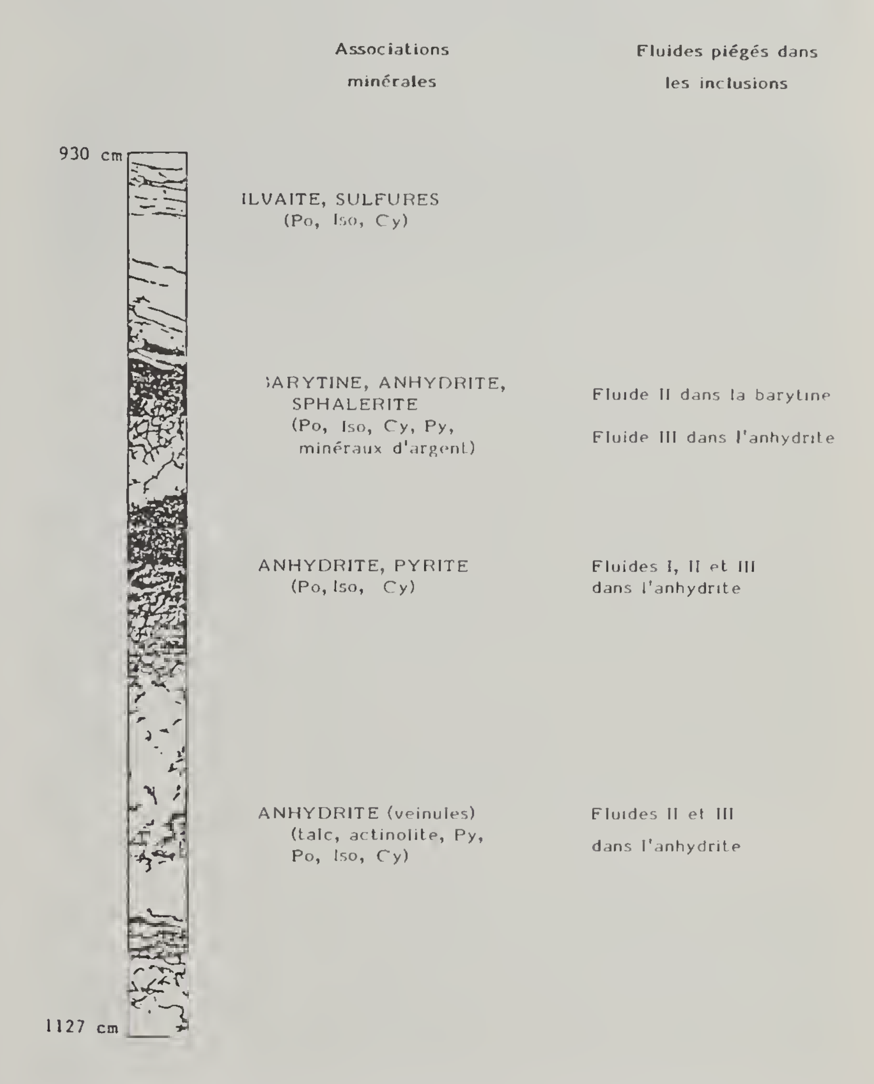


Fig. 2. — Associations minérales et fluides piégés dans les sulfates à la base de la carotte 268 (fosse Atlantis II, Mer Rouge).

▬ associations de sulfates, sulfures et silicates épigénétiques

▭ hématite

Po = pyrrhotite ; Py = pyrite ; Iso = isocubanite ($CuFe_2S_3$, cubique) ;

Cy = chalcopyrite.

Les fluides sont différenciés uniquement par leur salinité sans tenir compte des autres caractéristiques physico-chimiques. La salinité a été évaluée grâce à l'étude microthermométrique des inclusions fluides. La salinité (exprimée en équivalent NaCl) du fluide I est proche de 16 %, celle du fluide II proche de 22 % et celle du fluide III supérieure ou égale à 32 %.

* C.R.P.G., Nancy.

nomènes épigénétiques sont particulièrement bien développés à la base de la carotte étudiée.

Dans cette zone, le sédiment hydrothermal formé d'hématite très finement cristallisée (150 Å) est imprégné (et en partie métamorphisé) lors des circulations épigénétiques de minéraux bien cristallisés (fig. 2) : sulfates (anhydrite et barytine formant des cristaux pouvant dépasser 1 cm de long), sulfures (atteignant plusieurs centaines de microns) et silicates en moindre abondance.

Ces circulations épigénétiques constituent un apport en particules solides pouvant être très important (fig. 1) : jusqu'à 80 % de particules solides dans une zone affectée de circulations hydrothermales épigénétiques intenses alors que les sédiments de cette carotte contiennent de 20 à 30 % seulement de particules solides en moyenne.

Plusieurs générations et associations de sulfates et sulfures sont observées à la base de la carotte. L'étude des inclusions fluides dans les sulfates confirme leur précipitation à partir de plusieurs fluides (fig. 2) de haute température et de salinité également observées pendant les vingt dernières années, au cours de nombreuses campagnes hydrographiques (résumé dans Hartmann, 1980), dans les saumures surmontant les sédiments (Oudin et *al.*, 1984 *sous presse)*.

Références :

BACKER H. et RICHTER (1973). — Die Rezente hydrothermal, sedimentäre Lägerstätte Atlantis II Tief in Roten Meer. *Geologische Rundschau,* 62, 3, pp. 697-741.

OUDIN E., THISSE Y., RAMBOZ C. — Fluid inclusion and mineralogical evidence for high-temperature saline hydrothermal circulation in the Red Sea metalliferous sediments : preliminary results *(à paraître dans Marine Mining)*.

HARTMANN M. (1980). — Atlantis II geothermal brine system. Hydrographic situation in 1977 and changes since 1965. *Deep Sea Research,* 27 (2A), pp. 161-171.

THISSE Y. (1982). — Sédiments métallifères de la fosse Atlantis II (Mer Rouge) (contribution à l'étude de leur contexte morphostructural et de leurs caractéristiques minéralogiques et géochimiques). Thèse 3e cycle, Université d'Orléans, B.R.G.M., 155 pages.

Minéralisations liées aux granitoïdes, hydrothermalisme continental

RS. 1561

Les terres rares dans les minéraux calciques (carbonates, fluorine, scheelite), outil de la prospection minière

Rare earths in Ca-minerals (carbonates, fluorite, scheelite), a prospecting tool

M. JEBRAK
J.-C. TOURAY *
N. WALSH **

Les terres rares (T.R.) constituent une famille d'éléments aux propriétés chimiques voisines, leur conférant, en particulier, une inertie importante vis-à-vis des phénomènes géochimiques (dissolutions, précipitations). On a pu montrer que le spectre des T.R. de la fluorine reflétait de manière précise celui des solutions minéralisantes, en l'absence d'autres minéraux, en particulier calciques. Seuls le cérium et l'europium montrent des variations sensibles par rapport aux autres T.R., du fait de leurs deux états de valence possibles : ces variations sont contrôlées par les conditions de dépôts, et en particulier l'oxydo-réduction. Leurs propriétés d'une part, et la mise au point d'une méthode de dosage précise et rapide par spectrométrie ICP d'autre part, permettent maintenant l'emploi des terres rares comme traceurs en prospection.

Plusieurs de leurs particularités géochimiques peuvent être, en effet, utilisées :

— La spécificité des spectres de T.R. au sein d'un district permet de distinguer rapidement l'homogénéité ou l'hétérogénéïté de l'ensemble de ses minéralisations, et d'y cerner les cibles les plus prometteuses par le raisonnement analogique. Ainsi, on a pu montrer dans les Vosges que les fluorines avaient des spectres de T.R. identiques, traduisant un même phénomène métallogénique d'âge Permien supérieur (M. Jebrak et *al.* 1983). Dans le Morvan la coexistence de deux types de spectres indique par contre le polyphasage des minéralisations, argumenté par ailleurs.

— Les variations de l'anomalie en europium reflètent l'origine des solutions et les conditions de dépôt des minéralisations. Lorsque les fluides ont acquis leur charge en terres rares par l'altération de roches feldspathiques, ils présentent une anomalie positive en europium. On a pu démontrer qu'un milieu oxydant maintenait ces anomalies, tandis qu'un milieu réducteur pouvait les masquer (Meary et *al.*, 1983). Dans cet esprit, les districts du Tarn (fluorine, sidérite, cuivre) et du Rouergue (barytine, fluorine) situés dans le SW du Massif central ont été étudiés. Les T.R. montrent l'existence de variations fugaces du milieu de formation des fluorines de Montroc (Tarn). Dans le Rouergue, la régularité des spectres de T.R. et leur très forte anomalie positive en europium traduisent des conditions de dépôt en milieu oxydant par des solutions vraisemblablement d'origine continentale. D'une manière plus générale, l'anomalie positive en europium héritée et conservée serait à relier à des conditions plutôt oxydantes et pourrait être utilisée comme indicateur du niveau de mise en place des structures minéralisées, le basculement à des anomalies négatives pouvant résulter d'apports réducteurs d'origine plus profonde.

— Les variations de la forme générale du spectre des T.R. des fluorines peuvent être reliées à la coprécipitation d'autres minéraux calciques. Deux cas ont été étudiés : la coprécipitation de la scheelite provoque une diminution du contenu en T.R. de la fluorine et spécialement des T.R. cériques ; dans le district de Montredon, la signature spectrale des T.R. est alors un indicateur fiable de la présence de minéralisations en tungstène. La coprécipitation de calcite conduit par contre à une diminution du contenu en T.R. yttriques de la fluorine ; dans le district d'El Hammam (Maroc) l'association calcite-fluorine caractérise les filons puissants, industriellement exploités, tandis que les nombreux indices de filons minces sont à fluorine seule. Dans le cas où l'on rencontre, en prospection, des volantes ou de mauvais affleurements ne permettant pas leur attribution à l'un ou à l'autre des deux types de filons, l'analyse de terres rares dans la fluorine offre une nouvelle solution pour résoudre le problème.

Afin d'optimiser la méthode, une mini-banque des données sur les T.R. dans les minéraux calciques a été constituée, et un logiciel de traitement informatique spécialement adapté. Les T.R. apparaissent ainsi comme un outil d'utilisation simple et fiable pour la prospection des gîtes à minéraux ou gangue calcique (fluorine, calcite, scheelite...).

Références :

CHUPE P. (1983). — Diplôme d'études approfondies. Université d'Orléans.

JEBRAK M., LHEGU J., VALETTE C.O. (1983). — Comparative metallogeny of Southern Vosges and Morvan. Symposium GDMB, Warstein, RFA.

MEARY A., TOURAY J.C., GALLAND D., JEBRAK M. — Interprétation de l'anomalie en europium des fluorines hydrothermales. Données de la résonance paramagnétique électronique ; application au gîte de fluorine de Montroc. *Chem. Geol. (à paraître).*

WALSH J.N., BUCKLEY F., BARKER J. (1981). — *Chem. Geol.,* 33. pp. 141-153.

* Université d'Orléans

** University of London, King's College.

RS. 1562

Le plutonisme calco-alcalin d'âge varisque de l'ouest de la Corse : minéralogie, géochimie des majeurs et traces

The variscan calc-alkalic plutonism of western Corsica : mineralogy and major and trace element geochemistry

A. COCHERIE *
P. ROSSI
L. LE BEL *

Les observations pétrographiques et structurales effectuées sur le plutonisme de Corse occidentale montrent l'existence de plusieurs unités mises en place successivement et associées à de vastes corps basiques. Cette étude minéralogique et géochimique traite de la genèse, de l'évolution de ces différentes unités ainsi que de leurs relations. Le plutonisme basique est représenté par trois types de roches génétiquement liées : des norites et des troctolites ayant des textures de cumulats caractérisées par des concentrations en terres rares (T.R.) faibles et sans anomalie en Eu ou avec une anomalie positive ; des gabbros enrichis en T.R. légères par rapport aux T.R. lourdes, probablement correspondant à un liquide basaltique initial ; et enfin des diorites évoluant par cristallisation fractionnée, essentiellement, jusqu'aux charnockites.

La distribution des éléments en traces et l'étude de l'évolution des couples de pyroxènes montre la consanguinité de ces roches calco-alcalines basiques qui sont issues d'un bain ayant la composition d'un basalte riche en Al.

Les différents granitoïdes (granodiorites, monzogranites et monzogranites leucocrates encore appelés adamélites) présentent des évolutions distinctes comme l'indiquent les compositions des minéraux mafiques et les distributions en éléments en traces. Ce ne sont pas des produits issus de la suite basique et on ne peut pas considérer qu'ils forment une séquence unique évoluant par cristallisation fractionnée. Des phénomènes d'hybridation avec le bain basique sont mis en évidence dans le cas des granodiorites. Le problème particulier des bas rapports La/Yb et Eu/Eu* associés aux valeurs élevées en Th, U, Cs des monzogranites leucocrates est discuté en détail.

Outre les diagrammes conventionnels des éléments en traces, le traitement statistique simultané de toutes les données géochimiques par l'analyse des facteurs de correspondances apparaît comme un outil très utile pour distinguer les différentes unités et pour classer les éléments selon leurs propriétés géochimiques.

Référence :

COCHERIE A., ROSSI Ph., LE BEL L. (1984) — The variscan calc-alkalic plutonism of western Corsica : mineralogy and major and trace element geochemistry. *Phys. Earth Planet. Inter. (sous presse).*

* Centre de recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux, G.I.S. C.N.R.S.-B.R.G.M., 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans cedex.

RS. 1563

Les granitoïdes du Massif central

Granitoids of the french Massif central

P. CHEVREMONT
avec la collaboration
d'A. AUTRAN

Les granitoïdes du Massif central français sont divisés en deux générations principales.

— Les granitoïdes du Protérozoïque terminal (= Cadomien) et du Paléozoïque inférieur, qui ont été orthogneissifiés au cours de la phase tectonométamorphique éovarisque (vers 400-375 MA) ;

— les granitoïdes varisques dont une famille particulière de leucogranites est liée à des minéralisations en W, Sn, U,...

Les chevauchements crustaux majeurs de la phase éovarisque (dévonienne) et du Viséen ont joué un rôle fondamental au point de vue métallogénique en provoquant des épaississements crustaux localement considérables (jusqu'à 60 km) et des remontées de croûte profonde plus chaude induisant la formation de leucogranites à potentiel métallogénique.

Très peu de granites alumineux d'anatexie apicale, mis en place au-dessus de leur zone anatectique d'origine sont conservés, car dans la zone «lémovico-arverne» où ils auraient pu exister avec une métallogénie associée, l'érosion anté-carbonifère a été considérable. Seuls subsistent les leucogranites alumineux liés aux épaississements et cisaillements crustaux d'âge Carbonifère.

Référence :

CHEVREMONT Ph. avec la collaboration d'A. AUTRAN (1983). — Les granitoïdes du Massif central. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 695 GEO.

RS. 1564

Les districts antimonifères hercyniens français : leur évolution et leurs potentialités métallogéniques. Conséquences pour la recherche minière

French hercynian Sb-districts : evolution and metallogenic potentialities. Consequences for ore prospection

E. MARCOUX
P. PICOT
B. BOSCH
Y. LE FUR
H. BRIL *
Y. MOËLO *
A. COCHERIE *
R. SERMENT **
K. D. PHAN **
L. CHAURIS ***
J. GARREAU ***
E. HOULGATE ***

Action concertée « Valorisation des Ressources du Sous-Sol » n° A 650 8879.

Le réexamen des districts antimonifères hercyniens français repose sur la prise en compte des nouvelles données issues des recherches minières récentes, et l'application des méthodes modernes de laboratoire (analyses isotopiques, études des inclusions fluides, microsonde électronique, activation neutronique) à l'étude des minéralisations et de leur encaissant.

L'étude gîtologique comparée de ces districts a permis de préciser le rôle joué à différents niveaux par les facteurs structuraux. A grande échelle, les aires minéralisées apparaissent subordonnées aux structures linéamentaires (Massif armoricain) ; à l'échelle du district, le rôle positif des structures anticlinales est confirmé, de même qu'à l'échelle du gisement le rôle déterminant des fentes d'extension liées aux mouvements linéamentaires. L'apport de la photogéologie (élargie à l'imagerie satellite) apparaît particulièrement probante.

L'antagonisme antimoine/granite à l'échelle du gisement s'applique tout particulièrement au cas des granites post-Tournaisien. A l'inverse, il n'existe pas de corrélation significative entre la distribution des gisements d'une part, l'intensité du métamorphisme ou l'âge des séries encaissantes d'autre part. Par contre l'hétérogénéité lithologique de l'encaissant constitue un facteur favorable.

L'étude minéralogique et paragénétique a permis en premier lieu de discriminer les paragenèses anté- ou post-hercyniennes fréquemment superposées aux minéralisations hercyniennes. En second lieu, ces minéralisations montrent une grande variabilité paragénétique ; il existe le plus souvent une coupure nette entre les paragenèses à berthiérite et celles à stibine prédominante. Le dépôt conjoint de Pb (± Zn, Cu, Ag, Bi, Au) conduit à des paragenèses complexes de transition, particulièrement intéressantes sur le plan métallogénique. L'association exceptionnelle de Sb à W (scheelite) ou Hg (cinabre), ou l'antagonisme Sb/Sn sont également très significatives. L'étude paragénétique comparée permet de souligner les spécificités de l'histoire métallogénique de chaque district.

La géochimie des processus minéralisateurs est précisée par l'analyse des sulfures et des minéraux d'altération hydrothermale (microsonde électronique, diffraction des rayons x), ainsi que par l'étude des inclusions fluides. Les solutions minéralisantes antimonifères se caractérisent par une faible salinité, et des températures souvent assez élevées (plus de 260°C dans le district de Brioude-Massiac). Le mispickel constitue un indicateur géochimique particulièrement significatif : présence fréquente d'antimoine jusqu'à plusieurs pour-cent, grande variation de la concentration atomique en (As + Sb) qui, couplée aux données des inclusions fluides, permet de préciser la fugacité de soufre dans le milieu de dépôt.

Le problème de la source des éléments constitutifs des minéralisations a été abordé d'une part par l'étude isotopique du soufre et du plomb, d'autre part par l'analyse de l'antimoine en traces dans les roches encaissantes. Le $\delta^{34}S$ de la stibine et de la berthiérite varie fortement (de − 14 à + 10 ‰), ce qui exclut une source purement magmatique, et implique au contraire une participation notable des formations encaissantes. Les analyses isotopiques du plomb effectuées sur la galène et divers sulfosels de plomb confirment les coupures établies par les études paragénétiques et apportent des données spécifiques sur la chronologie des dépôts sulfurés ; elles permettent de préciser les phénomènes d'héritage à l'échelle d'un gisement ou d'un district, ainsi que les sources potentielles des métaux parmi les formations encaissantes. Le dosage de l'antimoine par activation neutronique dans diverses formations du Massif armoricain indique des teneurs normales en général (moins de 2 ppm), avec quelques anomalies jusqu'à 11 ppm ; l'existence de préconcentrations à échelle régionale n'apparaît pas déterminante, mais peut être localement un facteur favorable (ex : rhyolites cambro-ordoviciennes).

Ces différentes données conduisent à **discuter les différents modèles métallogéniques** proposés pour la genèse des minéralisations antimonifères hercyniennes, et montrent la nécessité d'envisager un modèle plus complexe, dans lequel les potentialités minières les plus fortes résulteraient de la conjonction de facteurs géologiques tels que l'existence de grands accidents linéamentaires, la présence d'intrusions de granitoïdes tardi-hercyniens, et l'abondance régionale de formations sédimentaires ou métamorphiques riches en soufre et réductrices.

La zone la plus favorable pour les recherches minières correspond à une bande N.NE de l'Est du Massif armoricain. Les intersections de cette bande avec les linéaments sont marquées par des anomalies en cinabre alluvionnaire, la présence fréquente d'intrusions bien circonscrites de granitoïdes, ainsi que de bassins houillers de faible extension. Ces intersections définissent un nombre limité de districts antimonifères, qui constituent des objectifs prioritaires en matière de prospection stratégique et tactique.

Références :

Collectif (mêmes auteurs) (1983). — Les districts antimonifères hercyniens français : leur évolution et leurs potentialités métallogéniques. Conséquences pour la recherche minière. Colloque « Valorisation des Ressources du Sous-sol », Sophia Antipolis, 8-10 novembre 1983 *(article à paraître en 1984 dans les actes du Colloque, 15 p.).*

* C.S.C.M., G.I.S., C.N.R.S.-B.R.G.M., Orléans
** E.N.S.M., Paris.
*** Université de Bretagne occidentale, Brest.

RS. 1565

Étude métallogénique des minéralisations à antimoine et associées du district de Brioude-Massiac (Massif central français) : conditions géochimiques de dépôt ; implications génétiques

Metallogenic study of Sb and associated ores from the Brioude-Massiac district (French Massif central) : geochemical conditions of deposition ; genetic implications

H. BRIL *

Le district de Brioude-Massiac (Massif central français) comprend dans une aire de 600 km² environ, de nombreuses minéralisations filoniennes encaissées dans des formations métamorphiques de haut degré, faiblement granitisées.

Sept types de minéralisations, principalement sulfurées, existent dans le district :

— dans une gangue de quartz : A :W-Sn-Au-As ; B : As-Fe-Zn-Sb (berthiérite et stibine) ; C : sulfosels Pb/Sb et Zn ; D : Pb-Zn-Cu.

— dans une gangue barytique : E : Pb-Zn-Cu ± sulfosels.

— fluorine : type F.

Un type G correspond à une minéralisation à Sn-Zn-Fe-As-Pb-Ba à caractère télescopé.

L'examen des inclusions fluides liées aux minéralisations a permis de distinguer trois phases :
A et B : fluides carboniques ± complexes de haute température ⩾ 300 °C :

1re phase :
C, D et E : fluides salés et aqueux de basse température ⩽ 150 °C :

2e phase :
F : fluides aqueux de salinité variable de basse température ⩽ 150 °C : phase à fluorine.

L'étude des paragenèses minérales et des microanalyses de mispickel et de blende principalement, a conduit à préciser les conditions géochimiques de dépôt de ces diverses paragenèses et leur évolution, dans les plans T - fS_2 et fS_2 - fO_2.

Les altérations hydrothermales liées aux minéralisations ont un caractère de métasomatose acide impliquant un départ de K^+. Les paragenèses qui en résultent correspondent à des faciès de type greisen (s.l.) : quartz-phengites (illites) pour les gîtes de HT et quartz-argiles à BT. Localement, des carbonates peuvent se développer.

Les différences entre première et seconde phase minéralisatrices se retrouvent partiellement dans les résultats de l'étude isotopique du soufre :

— les minéraux des paragenèses A et B (excepté la stibine) ont des $\delta^{34}S$ faiblement (A) ou plus nettement (B) positifs, inférieurs dans tous les cas à + 10 ‰.

— les sulfures des paragenèses D et E ont des $\delta^{34}S$ compris entre + 4,5 et + 6,6 ‰.

Toutes ces données permettent dans certains cas, de préciser pH et fO_2 ; par exemple les fluctuations du $\delta^{34}S$ de la stibine sont rapportées principalement à des variations de l'état d'oxydation du fluide. En outre, ces résultats servent de base pour ébaucher un modèle génétique impliquant, à grande échelle, les formations encaissantes.

Les valeurs très dispersées (de + 14,9 à + 28,7 ‰) obtenues sur le soufre des barytines contrastent avec l'homogénéité des valeurs de Sr (0,7149 ± 0,0007) de ces mêmes minéraux. Cependant ces données permettent également de souligner le rôle de l'encaissant.

Les analyses du plomb radiogénique contenu dans les sulfures déterminent trois populations, la moins radiogénique correspondant aux filons B et G, les deux autres à la seconde phase minéralisatrice. Les données obtenues sont compatibles avec une évolution normale du plomb ; le calcul des rapports μ (9,7 - 10) indique une évolution dans la croûte moyenne ou supérieure.

Au total, la mise en évidence de liaisons thermométriques entre les gîtes à W-Sn et à berthiérite-stibine invite à étudier plus attentivement dans d'autres contextes les relations entre ces deux types de gîtes. Le modèle métallogénique qui est proposé insiste sur les circulations de fluides dans l'encaissant métamorphique sous l'influence d'anomalies thermiques dues au magmatisme et aux phases de fracturation ; les âges proposés sont 250 MA pour la première phase et < 200 MA pour la seconde.

Référence :

BRIL H. (1983). — Etude métallogénique des minéralisations à antimoine et associées du district de Brioude-Massiac (Massif central français) : conditions géochimiques de dépôt ; implications génétiques. Thèse Doct. d'Etat, Université de Clermont-Ferrand II, n° E 329 *(à paraître in « Annales scientifiques de l'Université de Clermont-Ferrand »),* 353 p.

* Centre de recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux G.I.S. (C.N.R.S.-B.R.G.M.) 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans Cedex.

RS. 1566

Origine et histoire des minéralisations filoniennes polymétalliques du Massif central : une approche par les études isotopiques du plomb

Origin and history of mineralized polymetallic veins from Massif central : an approach using the lead isotope method

E. MARCOUX
P. PICOT

Les résultats que nous allons énoncer résultent du couplage études paragénétiques-études isotopiques du plomb. Les études isotopiques ont été menées sur des sulfures ou sulfosels de plomb, et toujours sur des phases pures repérées au microscope.

Elles ont porté sur les filons à Pb, Sb, Au, (Ag) du Limousin (type le Bourneix), à Pb, Sb, Ag, (Au) du Sillon Houiller (Les Borderies, La Bessette, Pontgibaud), à Pb, Sb, du Haut Allier (La Rodde, Les Anglais, Fournial) à Pb, Ba du Limousin (Pierre Buffière) et du Haut Allier (Montgros, Le Pouget).

Dans tous les cas, la source du plomb paraît être les granitoïdes, soit anciens (métagranites : orthogneiss *pro parte*) soit récents : granites à biotite hercyniens (330-320 MA). Les leucogranites (310-300 MA) ne paraissant avoir eu qu'un rôle moteur et de ne pas être intervenus en tant que source.

Dans cette optique, on peut alors distinguer plusieurs populations isotopiques que nous allons désigner par leur âge modèle (déduits de la courbe de Stacey et Kramers, 1975) pour plus de commodité, tout en gardant à l'esprit que ces âges ne correspondent généralement pas à l'âge de mise en place.

Age modèle : 500 MA

La source du plomb doit être recherchée dans un premier type d'orthogneiss (« métagranites ») encaissant en particulier la minéralisation dès Borderies (Puy-de-Dôme). L'âge réel de mise en place, dans ce cas particulier, est de 324 MA (K/Ar sur phengites du filon) et correspond à l'âge du granite de la Tour d'Auvergne qui affleure à peu de distance.

Age modèle : 400 MA

La source du plomb correspond à une autre catégorie d'orthogneiss. Les minéralisations de ce type sont très fréquentes, en particulier dans le Limousin [filons N-S à NE à Au, Pb, Sb, Ag (Bi)], dans le district de Pontgibaud [partie sud du faisceau (Roure-Tortebesse) et à Fournial (filon à Pb, Ag, Sb)]. Cependant, si la source est la même dans tous ces indices, l'âge de mise en place est variable et peut être lié aux intrusions de leucogranites dans le cas du Limousin (K/Ar sur illites dans le filon du Bourneix : 300 MA), de granites à biotite comme le granite de Gelles près de Pontgibaud, ou de granites tardifs comme c'est le cas pour Fournial (K/Ar sur phengites des filons de Veze voisins : 250 MA, K/Ar sur microgranite de Fournial : 250 MA).

Age modèle entre 350 et 320 MA

La source principale du plomb doit être recherchée dans les granites à biotite (Gelles, Ussel, La Tour d'Auvergne). On est cependant amené à distinguer ici deux cas : celui des filons extrabatholitiques et celui, plus rare, des filons intrabatholitiques.

— Dans le premier cas (Pontvieux La Bessette, les Anglais, La Rodde) l'âge modèle est systématiquement supérieur à celui du granite-source. Ce fait traduit une contamination du plomb issu du granite par du plomb provenant de la série encaissante.

— Dans le second cas (Les Farges), où les filons se trouvent dans le granite même, l'âge modèle correspond exactement à l'âge du granite source : 320 MA.

Age modèle : 250 MA

Il s'agit toujours là de filons de basse température (Pb, Ba, F (Sb)) dont le plomb a migré loin de sa source. Il est, de ce fait, difficile de situer avec certitude la nature de cette source. Celle-ci peut, en effet, suivant les districts, être unique, ou correspondre à plusieurs entités géologiques d'âge différent (granites hercyniens, orthogneiss). Les minéralisations de ce type sont très fréquentes : filons NW-SE du Limousin, filons de la partie SE du district Brioude-Massiac (Les Combettes, Montgros).

Enfin, il est extrêmement intéressant de noter que l'âge du plomb est susceptible de varier à l'échelle d'un même champ filonien, comme c'est le cas à Pontgibaud, et même à l'échelle d'un filon comme c'est le cas aux Borderies et à La Bessette.

A Pontgibaud, l'âge modèle de 400 MA n'apparaît que dans les filons les plus méridionaux de Roure et Tortebesse ; car ces filons sont encaissés dans une partie plus récente de la série métamorphique, où affleurent parfois les orthogneiss-source (de Bannières). Les autres filons sont encaissés dans un socle un peu plus ancien, dépourvu d'orthogneiss et l'âge modèle est très proche de celui du granite de Gelles qui devient alors la source potentielle principale.

Aux Borderies, on constate la coexistence d'une paragenèse précoce à Sb, Pb, Ag pour laquelle l'âge modèle est de 500 MA (source : orthogneiss) et d'une paragenèse tardive à Pb, Sb dont la source principale du plomb est le granite de la Tour d'Auvergne (320 MA) avec contamination par le plomb plus ancien des orthogneiss. On aboutit alors à un âge modèle de 350 MA pour cette deuxième paragenèse. Il s'agit fort probablement, dans le premier cas, d'un hydrothermalisme précoce directement lié à la mise en place du granite et qui n'a affecté que les roches encaissantes et pas le granite, et dans le second cas, d'un hydrothermalisme plus tardif qui a affecté surtout le granite.

Enfin, à Pontvieux-La-Bessette (minéralisation à Pb, Sb, Au (Ag)), on constate, au microscope, une succes-

sion paragénétique très nette comportant une première phase à Pb, Sb, Fe, As (avec mispickel, jamesonite et or), à laquelle succède une phase à Pb, Sb, (avec boulangérite, meneghinite et galène) et une phase à Pb, Sb, Cu (avec semseyite et bournonite).

La première phase (âge modèle : 350 MA) traduit une contamination du plomb venant du granite de la Tour d'Auvergne par un plomb plus ancien issu des orthogneiss du socle.

La deuxième et la troisième phase ont un âge modèle voisin de l'âge réel du granite et, fort probablement, de l'âge de mise en place des minéralisations : l'origine du plomb est alors, purement granitique.

L'ensemble de ces observations montre que toute étude isotopique du plomb doit être précédée d'une étude minéralogique et paragénétique extrêmement précise, qui seule, permettra le prélèvement de phases minérales pures et l'obtention de résultats cohérents et fiables. Il est évident que la corrélation avec les techniques géochronologiques traditionnelles (K/Ar en particulier, sur illites ou phengites, voire sur adulaire, dans les filons) est éminemment souhaitable pour une bonne compréhension d'ensemble des phénomènes.

Références :

MARCOUX E., PICOT P., MOELO Y. (1984). — *Bull. Spécial de Soc. Fr. Miner. Crist. (A paraître).*

NEGRONI J.-M. (1981). — Le district de Pontgibaud — Cadre géologique — Evolution structurale et métallogénique — Thèse 3e cycle Université de Clermont-Ferrand.

PERICHAUD J.-J. (1970). — Les gisements métalliques du district à antimoine de Brioude-Massiac — Thèse d'Etat Université Clermont-Ferrand.

PICOT P., AHMADZADEH H. et VANHILLE F. (1981). — Utilisation de l'inventaire minéralogique des gîtes et de la carte des linéaments en prospection minière — Rapport action concertée D.G.R.S.T.

STACEY J.-C., KRAMERS J.-D. (1975). — Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model : *Earth and Planetary Science Letters,* 26, pp. 207-221.

RS. 1567

Des filons de socle aux filons de couverture : la structure à Pb, Zn, Ba de Pourcarès (Cévennes)

Vein type deposit at the limits between the basement and the sedimentary cover : the Pourcarès case (Cévennes, France)

H. GERMAIN
D. BONIJOLY
J. CHARVET
M. JEBRAK

La structure de Pourcarès forme un ensemble minéralisé en Pb, Zn, Ag et barytine, long de 12 km, orienté E-W, à la limite des Cévennes et des Causses. Elle constitue donc un jalon précieux entre filons encaissés dans le socle (granite de l'Aigoual, schistes des Cévennes) et filons de couverture. Son étude structurale et gîtologique a été conduite dans le but de mieux appréhender les rapports entre les deux familles.

A Pourcarès, trois types de structures ont été distingués :

— deux alignements quartzeux, parallèles et E-W, avec fentes d'extension W.NW-E.SE, à remplissage de brèche tectonique hypersilicifiée (BTH) puis de quartz massif localisé dans les schistes ; une mise en place s'est effectuée à la faveur d'un couloir cisaillant dextre, entre le Stéphanien inférieur et le Permien terminal ; ils ne contiennent que des traces de chalcopyrite avec galène et blende accessoires ;

— un ensemble de filonnets N 50 °E à N 90 °E, parfois peu pentés (80 à 30° NW), également dans les schistes ; ces filonnets peu puissants ont produit l'essentiel du minerai exploité au début du siècle ; il s'agit d'un remplissage sécant sur la schistosité, à quartz, galène et blende, mis en place lors d'une phase de distension N.NW-S.SE qui peut être rapportée au Saxonien par analogie avec l'évolution tectonique du sud du Massif central ;

— des filons et filonnets à quartz et barytine orientés N 85° à 95°, localisés tantôt dans le socle, au voisinage des BTH (mine du Crouzet), tantôt dans la couverture, dans le prolongement des structures du socle (indice de Pradines) ; ils correspondent à une phase de distension N.NE-S.SW, postérieure au Bajocien et antérieure aux compressions pyrénéennes éocènes ; ils présentent des caractères comparables au champ de Gatuzière, situé un peu plus au Nord.

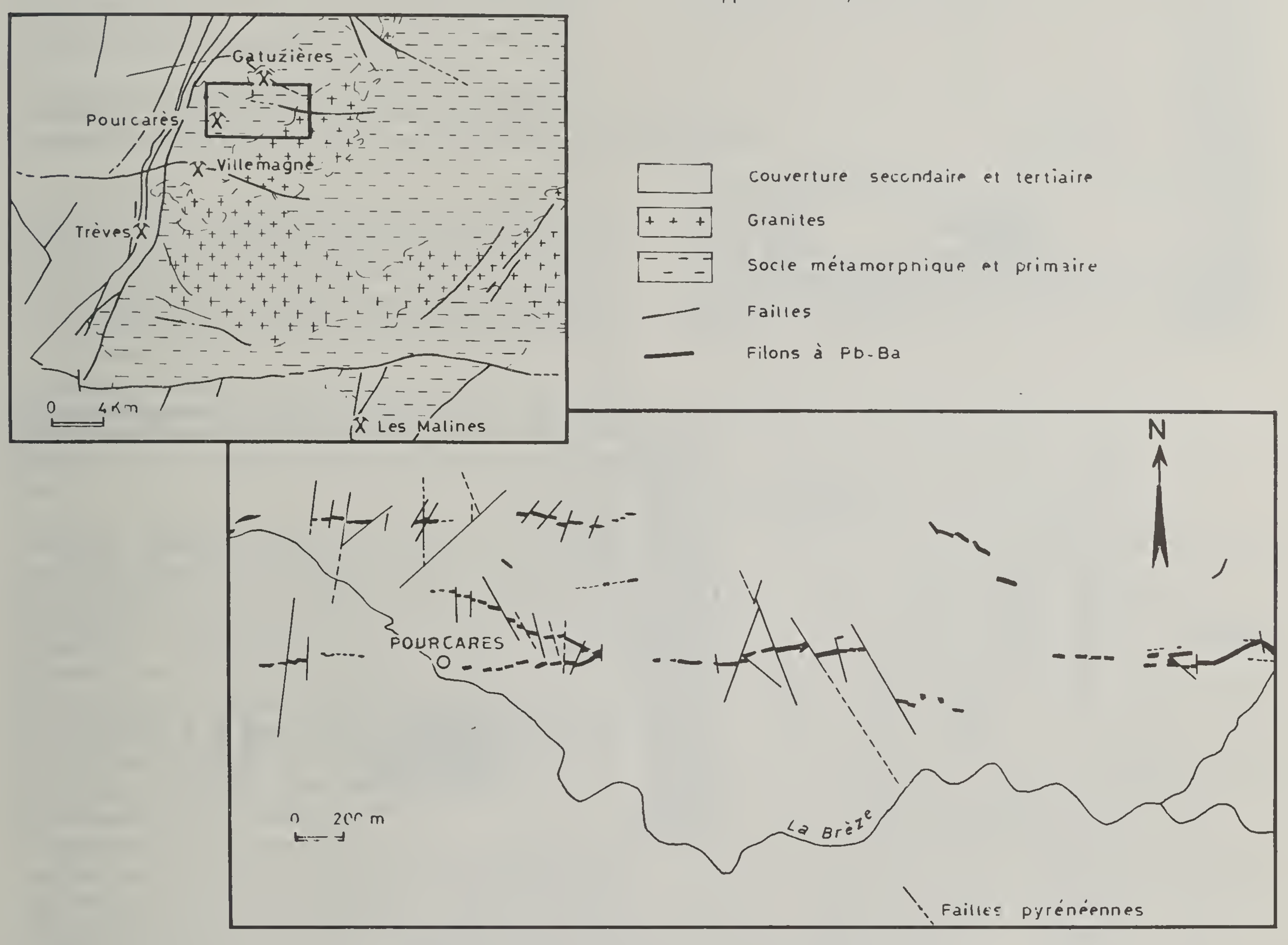
Toutes ces minéralisations sont véritablement hachées par de très nombreuses failles subméridiennes d'âge pyrénéen, tronçonnant les structures avec des rejets métriques peu sensibles à l'échelle des cartes géologiques, mais très perturbants à l'échelle minière. Ce phénomène a été retrouvé dans d'autres filons à Ba des Causses (Colombiès par exemple).

Les trois ensembles minéralisés se sont donc mis en place dans le même secteur, mais à des époques fort dif-

férentes. Cette coïncidence est à mettre en rapport avec une permanence de la fragilité des lignes E-W dans le Sud de la France depuis le Carbonifère.

Référence :

GERMAIN H. (1983). — Les filons quartzeux polyphasés à Pb-Zn-Ba entre Causses et Cévennes : la structure de Pourcarès. Rapport de DEA, Université d'Orléans.



STRUCTURE DU FILON A Pb-Ba DE POURCARES

RS. 1568

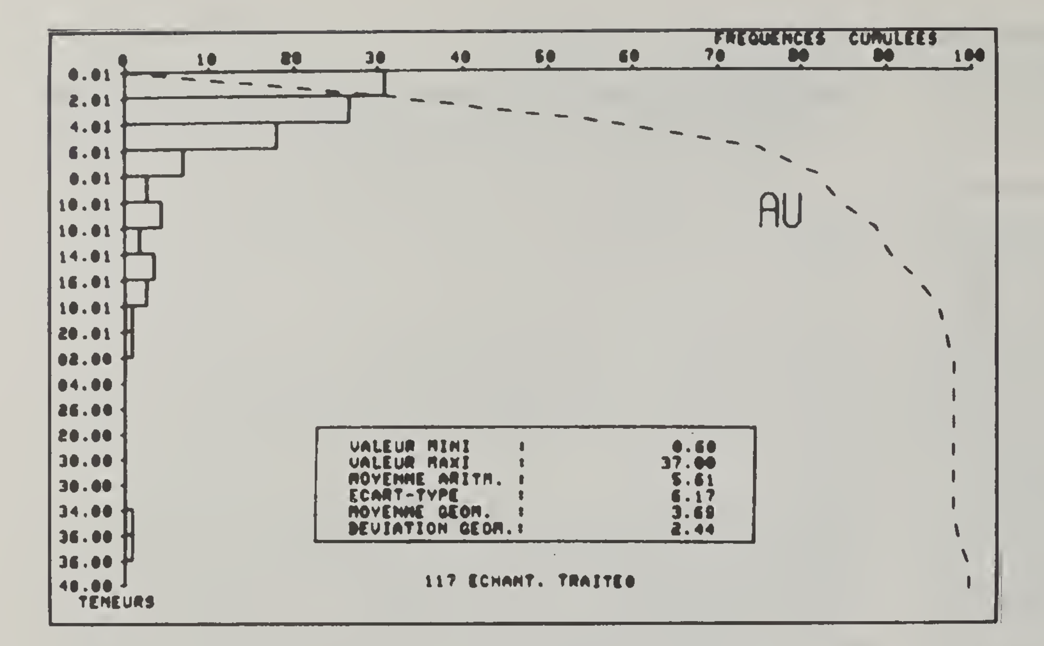
Recherche d'un contrôle des fortes teneurs en Au d'un minerai sulfuré : cas de la couche sulfoarséniée 2X de la mine de Salsigne (Aude)

Controls of the high gold values in a sulphide ore : the sulfoarsenic reef of the Salsigne district (Aude, France)

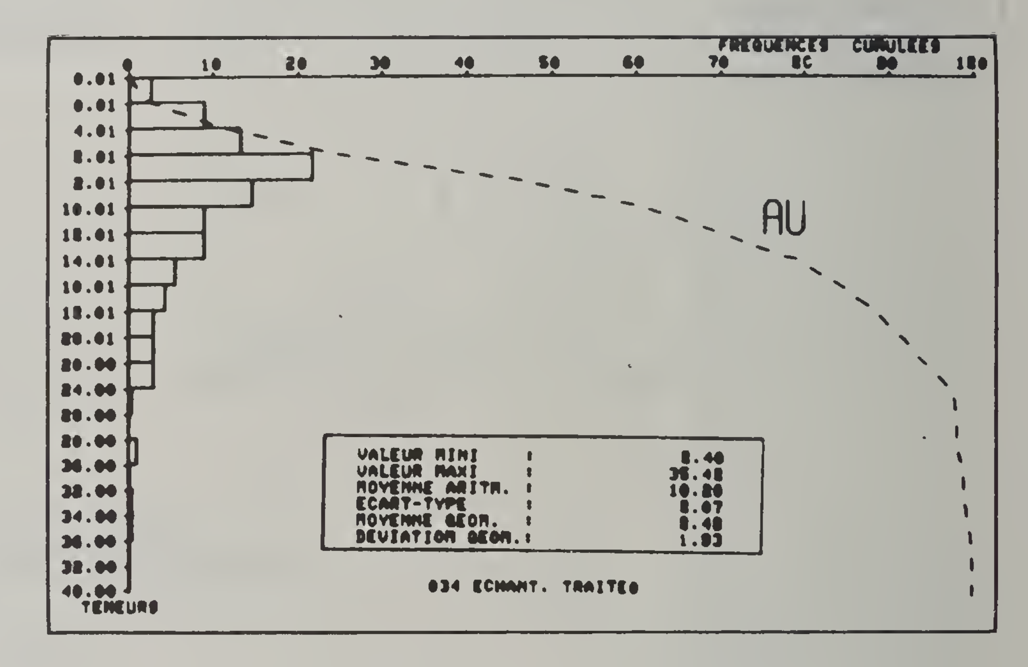
M. BONNEMAISON

La couche sulfoarséniée, dite 2X, de la mine de Salsigne forme un banc massif de 2 à 3 m de puissance constitué de sulfures à gangue de quartz. A l'échelle de la mine, cette minéralisation peut être considérée comme un corps homogène tant par sa continuité que par la nature indifférenciée de son encaissant : série grésopélitique épimétamorphique des schistes X.

Malgré l'apparente homogénéité de la couche 2X à l'échelle du chantier minier, une observation détaillée met en évidence deux types de minerais intimement mêlés, le premier constitué par des faciès fins ou massifs, le second par un minerai dit « grossier » qui correspond à une brèche à éléments de minerai du premier type cimentés par un quartz blanc laiteux très abondant, riche en



Minerai "grossier"



Minerai du premier type

Premier traitement de 350 échantillons d'un secteur 2X compris entre le 10e et le 13e niveau de la mine de Salsigne.

mispickel. Le minerai grossier apparaît comme une remobilisation tectonique et hydrothermale des faciès fins et massifs, ces derniers ayant probablement une origine exhalative sédimentaire.

L'étude statistique de ces deux types de minerais, à l'aide des compositions normatives de 350 échantillons, montre que :

— Les paragenèses des deux types de minerais sont très voisines et comprennent : mispickel, pyrite, pyrrhotite (absente dans le faciès grossier), chalcopyrite, bismuth natif, bismuthinite, traces de scheelite, blende et galène.

— Le minerai du premier type est plus riche en Au que le faciès grossier et présente un effet de pépite plus faible.

— Les teneurs élevées en Au dans le minerai sont liées à une composition pétrographique particulière, riche en pyrrhotite et/ou pyrite et pauvre en mispickel ; dans ce cas une forte proportion de l'or se trouve en inclusions microniques dans la chalcopyrite.

Ainsi les importantes variations de teneurs enregistrées dans la couche 2X ne résultent pas d'un simple effet de pépite lié à l'échantillonnage, mais proviennent en partie du mélange de deux types de minerais différents.

Le calcul de la teneur en Au de la couche 2X doit donc tenir compte des proportions des divers faciès présents ainsi que de leur composition pétrographique.

La mise au point d'une technique d'évaluation de la teneur en Au de la couche 2X par intégration des données pétrographiques et chimiques est en cours de réalisation.

RS. 1569

Un nouveau gîte à Nb, Ta, U, terres rares d'origine magmatique en Afrique Orientale : le complexe alcalin tectonisé du Meponda, Précambrien de la province du Niassa (République populaire du Mozambique)

A new Nb, Ta, U, rare earths deposits of magmatic origin in east Africa : the alkalin tectonised Meponda complex, Precambrian, Niassa province (People's Republic of Mozambique)

J.M. LULIN

La découverte du complexe alcalin de Meponda est survenue durant la réalisation du contrat conclu entre le B.R.G.M. et le Gouvernement de la République populaire du Mozambique sur « l'Inventaire minier de l'extrême Nord du Mozambique ». Cet inventaire a été réalisé à partir du contrôle et de l'étude d'anomalies géophysiques aéroportées (CGG).

Détecté en spectrométrie aéroportée en 1980, le massif a fait l'objet d'une première prospection en 1981 puis d'une reconnaissance plus détaillée fin 1982, au cours de laquelle a pu être réalisée cette première étude gîtologique.

Aspect cartographique et structural : Le massif constitue un corps elliptique circonscrit, d'orientation méridienne, de 9 km de long et 2 km de large environ (fig. 1). D'âge Précambrien indéterminé, il est affecté par toutes les phases de déformation identifiées dans son encaissant orthogneissique. Deux phases majeures coaxiales (axes N 5 à N 20°) se superposent :

1) une foliation intense (P_1) subhorizontale, à linéation N-S, associée à un métamorphisme de fort gradient (au moins mésozonal) bien marqué dans l'encaissant ;

2) reprise de P_1 par des plis (P_2) presque droits et d'amplitude kilométrique.

Peu déformé en son centre, le massif présente une foliation plus marquée, protomylonitique à blastomylonitique sur ses bordures. Ses différents faciès pétrographiques ont des limites subparallèles à la foliation P_1, plus ou moins verticalisée par la phase P_2. Légèrement discordant et en contact cisaillé avec son encaissant, le complexe est probablement séparé de ses racines ; il apparaît comme une synforme à l'échelle cartographique. La tectonique cassante liée au rift actuel affecte peu ces structures.

La comparaison entre faciès peu et fortement tectonisés montre que :

— tous les types pétrographiques et les minéralisations associées sont antérieurs à la foliation P_1 ;

— le métamorphisme ne modifie que très peu ou pas du tout les paragenèses alcalines.

Caractères pétrographiques et chimiques : Les principaux faciès constitutifs sont :

1) les syénites sodipotassiques, hololeucocrates à leucocrates, à pyroxène et/ou amphiboles sodiques, formant le corps du complexe,

2) les syénites néphéliniques, disposées en lanières plurihectométriques,

3) les syénites albitiques mésocrates (parfois leucocrates) à pyroxène sodique abondant, formant deux bandes alignées d'extension plurikilométrique et d'épaisseur hectométrique,

4) les amphibolopyroxénites sodiques, placées au sein des syénites albitiques mésocrates, en bandes ou lentilles discontinues de largeur décamétrique et d'épaisseur métrique.

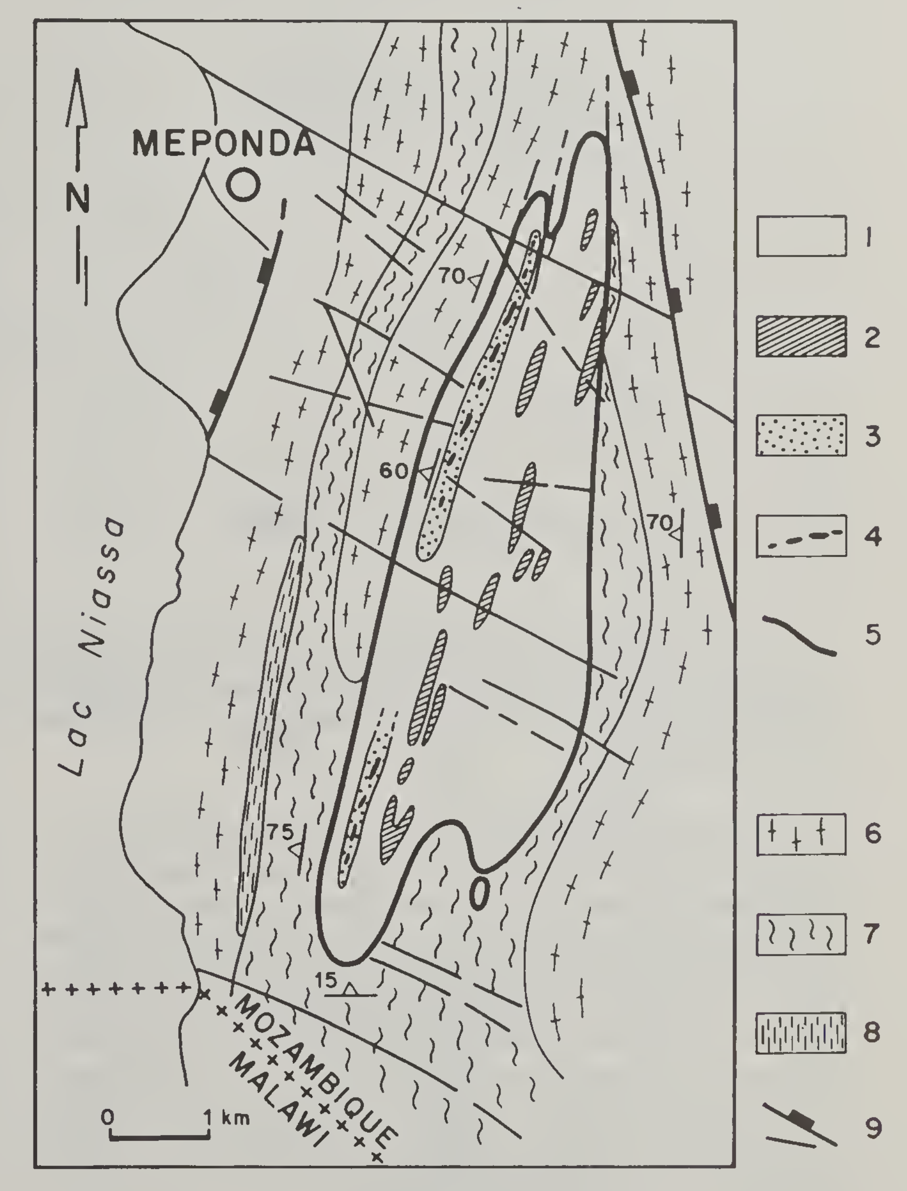


Fig. 1 — Le complexe alcalin de Meponda et son encaissant (schématique).
1 : Syénites hololeucocrates à leucocrates.
2 : Syénites néphéliniques
3 : Syénites albitiques mésocrates + minéralisées.
4 : Amphibolopyroxénites sodiques + minéralisées.
5 : Limites du complexe.
6 : Orthogneiss leucocrates.
7 : Gneiss dioritiques à quartzodioritiques.
8 : Métagabbros.
9 : Failles liées au rift.

Ces termes se regroupent en deux ensembles : les faciès 1) et 2) de caractère miaskitique ($\frac{Na + K}{Al} < 1$) et métalumineux (corindon normatif < 1 %) ou légèrement alumineux ; les faciès 3) et 4) de caractère hyperalcalin ($\frac{Na + K}{Al} > 1$).

Ces faciès apparaissent comagmatiques. Une évolution par cristallisation fractionnée est envisageable avec différenciation allant des termes miaskitiques hololeucocrates à des termes hyperalcalins mésocrates et holomélanocrates ;

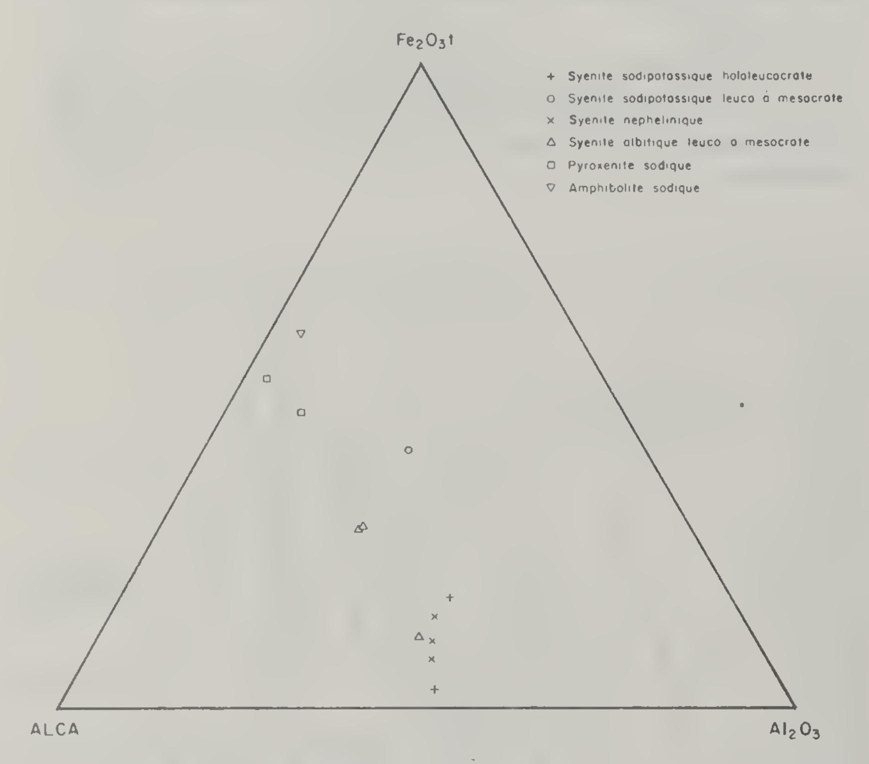


Fig. 2 — $Na_2O + K_2O/Fe_2O_3$ t/Al_2O_3 (en modes) — Analyses en roches totales.

elle se traduit (fig. 2) par la diminution en Al et l'augmentation en Fe, la somme des alcalins demeurant à peu près constante (diminution de K compensée par un enrichissement relatif en Na).

Caractères et contrôles des minéralisations : Les minéralisations à Nb, Ta, U, T.R. sont associées à l'ensemble hyperalcalin. Le pyrochlore, minéral le plus abondant (avec le zircon), est accompagné de columbite et de minéraux à Terres Rares (allanite, chevkinite, fergusonite, monazite, britholite,...). Les corrélations entre U, Nb, Ta, T.R. sont fortes (fig. 3). Par place, les teneurs obtenues sont très élevées (Nb > 1 %, Ta > 500 ppm, U > 1000 ppm, Σ T.R. + Y > 4000 ppm, Zr > 1 %) mais seuls Nb et Ta, contenus dans le pyrochlore et la columbite (Nb ≫ TA), représenteraient un objectif économique potentiel.

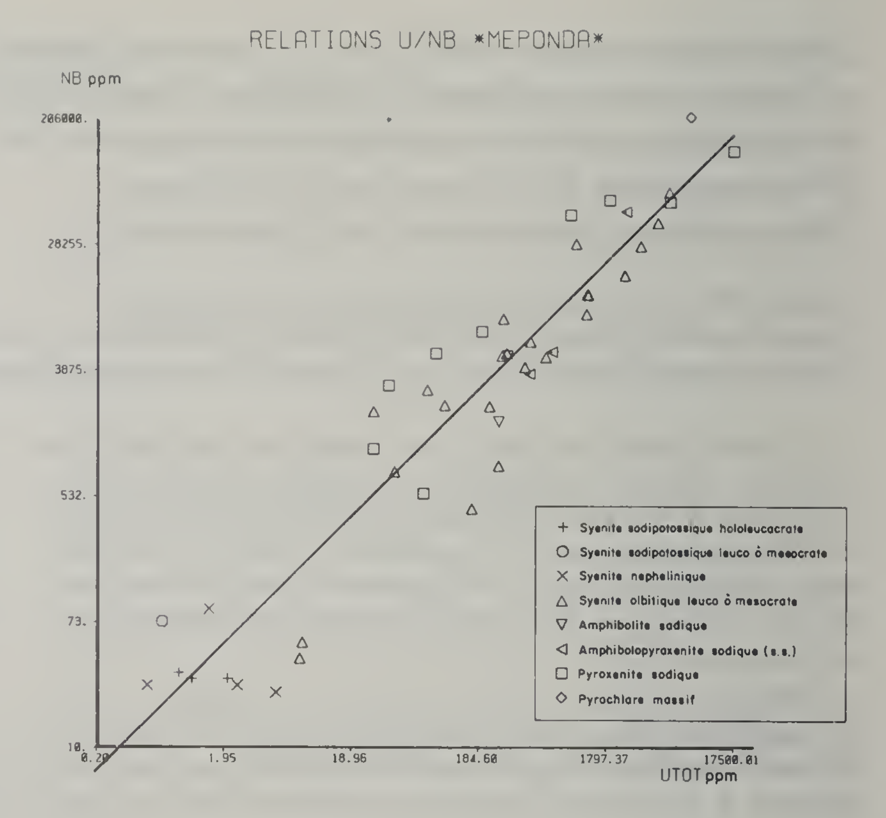


Fig. 3. — Corrélation U/Nb — roches totales.

Le métallotecte principal est magmatique : les minéralisations sont étroitement liées aux faciès mésocrates à holomélanocrates ferrisodiques, considérés comme les différenciations ultimes de l'intrusion. Par la suite, les phases tectonométamorphiques n'ont fait que structurer le gîte.

Le complexe de Meponda constitue ainsi un nouvel exemple de gîte à Nb, Ta, U, T.R. lié au magmatisme alcalin précambrien de l'Est africain observé depuis la Tanzanie jusqu'à l'Afrique du Sud. D'autres complexes alcalins plus récents, bien connus régionalement, sont en relation avec le rift Est Africain actuel.

Références :

LULIN J.-M. (1984). — Un nouveau gîte à Nb, Ta, U, Terres rares d'origine magmatique en Afrique orientale : le complexe alcalin tectonisé de Meponda, précambrien de la province du Niassa (République populaire du Mozambique). Thèse 3e cycle — Université d'Orléans (à paraître en document B.R.G.M.).

LULIN J.-M., MROZ J.-P., JOURDE G., MESTRAUD J.-L. (1984). — Un nouveau gîte à U, Nb, Ta, T.R. en Afrique orientale : le complexe alcalin de Meponda (Province du Niassa, République populaire du Mozambique). Res. comm. section C12 — 27e congrès géol. Intern. Moscou 1984.

RS. 1570

Contexte structural, pétrologique et géochimique des prospects à or et à étain — tungstène de Bir Tawilah. Le complexe plutonique syncinématique de Bir Tawilah et son encaissant (Royaume d'Arabie Saoudite)

Structural, petrologic and geochimic context of the Bir Tawilah Au/W prospects. The synkinematics plutonic complex of Bir Tawilah and its host rocks (Kingdom of Saudi Arabia)

J.-L. FEYBESSE
L. LEBEL *

Situé dans le bouclier précambrien d'Arabie Saoudite au Sud-Est de Zalim et à l'Est d'une grande faille suturée à listwänites qui sépare un domaine occidental à couverture de Murdamah (post 680 MA) sur laquelle est charrié le domaine oriental le plus ancien. Le massif plutonique de Bir Tawilah s'est mis en place au sein de l'ensemble

* B.R.G.M./G.I.S./C.N.R.S.

FRACTURING PHASES	PHASE II	N 95° - 115° E. compression Faults: Dextral N. 50°-100° E; Sinistral N 110°-130° E.; Reactivation of N 20°-50° E. and N 130°-170° E faults Episodes: (1) Q II, Q W and microgranite; (2) Hypersilicified tectonic breccia; (3) Carbonate breccia; (?) Mesocratic gabbro	N
	Relaxation of stress & local ballooning	Opening resulting from N. 60° E tension Emplacement of mafic microgabbro dikes striking north-50° E. and N 120° - 170° E	N
		Opening resulting from N 100° E tension Emplacement latitic rhyolite dikes striking north - 30° E. and N. 120° - 170° E.	N
	PHASE I	N. 115° - 130° E. compression Sinistral-reverse faults or reverse-sinsistral faults striking N 340° - 30° E. N. 130° - 150° E. sinistral faults Episodes: (1) Microdiorite dikes; (2) Quartz I	N
DUCTILE PHASE		N. 115 - 130° E. compression Sinistral-reverse faults or reverse-sinistral faults striking N. 340° - 50° E. N. 110° - 150° E. sinistral faults	N

schisteux oriental. Ce dernier peut se subdiviser en deux formations. A l'Est, des schistes phylliteux, séricíteux, à chlorite (ou à biotite) et très schistosés présentant des convergences avec certains termes de la série d'As Sihäm. A l'Ouest, au Sud et sur la bordure Ouest du complexe affleurent des schistes très quartzeux issus d'un matériel à dominante gréseuse et grauwackeuse.

Le massif de Bir Tawilah est polyphasé. Son histoire commence avec la mise en place d'une diorite quartzique mésocrate puis de granodiorites leucocrate ou mésocrate. L'élaboration du massif se termine avec la mise en place des granites porphyroïdes ou à grain fin et d'une microgranodiorite porphyrique.

L'étude géochimique montre l'existence de deux phénomènes granitiques distincts. Le premier représenté par des granodiorites leucocrate et mésocrate, des granites porphyroïdes et à grain fin et une microgranodiorite porphyrique, marque la fusion partielle de matériaux où l'amphibole semble être la phase minérale résiduelle prédominante. Le second, plus tardif, est représenté par le chevelu de microgranite albitique, voire par des apex (cachés ou affleurant plus au Nord : éventuellement le Jabal Awjah) de granites à feldspaths alcalins à potentialité tungstifères. Les spectres de terres rares et $\delta^{18}O$ égal à 11,1 % (σ = 4) Vs Smow indiquent que ces granites sont, en partie, issus de matériel crustal recyclé.

L'évolution structurale de la zone de Bir Tawilah est très complexe. Elle débute par une phase de déformation ductile intense, responsable de la schistosité d'origine protomylonitique à blastomylonitique des terrains Murdama (à l'approche de la faille à listwänite), des schistes d'As Sihäm d'une grande partie des schistes détritiques de l'Est et du massif plutonique dont les unités sont totalement ou partiellement affectées. Les accidents ductiles ont fonctionné pendant toute l'élaboration du complexe granitique.

La suite de l'histoire structurale est marquée par un changement de conditions rhéologiques car les terrains réagissent de façon cassante aux déformations ultérieures. Ces dernières peuvent se regrouper en deux phases au cours desquelles s'intercalent des épisodes de relâchement des contraintes avec bombement local. La mise en place des dykes de microgranite albitique et des filons de quartz à tungstène est expliquée par l'association d'épisodes de relâchement avec bombement local et d'épisodes compressifs. Les microgranites albitiques sont liés à une phase magmatique tardive, probablement cachée en profondeur au niveau des champs filoniens et très analogue au massif granitique de mise en place postérieure à la sulfure à listwänites, qui affleure immédiatement au Nord (Jahal Awjah) et dont l'âge de mise en place est très probablement postérieur à 600 MA.

Référence :

FEYBESSE J.-L. et LEBEL L. (1984). — Contexte structural, pétrologique et géochimique des prospects à or et à étain — tungstène de Bir Tawilah. Le complexe plutonique syncinématique de Bir Tawilah et son encaissant. Rapport B.R.G.M. OF 04-14.

Minéralisations liées aux roches basiques et ultra-basiques

RS. 1571

Sur la présence de minéraux du groupe du platine inclus dans les chromites du complexe ophiolitique du Vourinos, Grèce

Platinum-group mineral inclusions in ophiolitic chromitite from the Vourinos complex, Greece

T. AUGÉ

Contrat C.E.E. n° 122-MPP-F (G)

La présence d'inclusions de minéraux du groupe du platine (PGM) dans les chromitites ophiolitiques a récemment été mise en évidence (Contantinides et *al.*, 1980 ; Legendre, 1982).

Lors de l'étude des principaux gisements de chromite du Vourinos, nous avons effectué une recherche systématique de telles phases. Sur cinq zones minéralisées étudiées, nous avons trouvé des PGM dans trois. Un gisement s'est révélé particulièrement riche puisque l'on y a observé au moins un (jusqu'à trois) PGM par section. Nous avons également pu en observer pour la première fois dans des spinelles de dunite stérile. Les inclusions sont fréquemment automorphes, leur taille varie entre 1 et 10 µm ; quelquefois elles apparaissent biphasées.

Leur composition a pu être déterminée à la microsonde. Trois types de phases ont été obtenus : des alliages métalliques (iridosmine, osmiridium et rutheniridosmine), des sulfarséniures (osarsite et irarsite) et des sulfures (laurite s.s. et Os-laurite). Ce sont donc dans tous les cas des composés de Os-Ir-Ru. Les sulfures sont enrichis en Ru ($91 > Ru/Ru + Ir + Os > 61$) par rapport aux alliages ($11 > Ru/Ru + Ir + Os > 2$). La plupart des PGM contiennent également en quantité mineure Rh, Pd, Ni. Seuls les composés à iridium (irarsite et osmiridium) possèdent du Pt (jusqu'à 2,5 % en poids).

Les inclusions biphasées sont constituées d'un alliage (iridosmine) et d'un sulfure (laurite). La composition des phases constitutives d'une telle association ne diffère pas de celles des mêmes phases isolées. La coexistence alliage-sulfure permet d'estimer les conditions de fS_2 de cristallisation.

Les sulfarséniures, décrits habituellement comme produits d'altération des platinoïdes, sont ici primaires.

L'intérêt de cette étude a été de mettre en évidence (a) l'existence de gisements riches en PGM et des gisements qui, apparemment, en sont dépourvus et (b) la diversité des PGM puisque six phases différentes ont été décrites (dont certaines pour la première fois dans ce contexte), non seulement au sein d'un même complexe ophiolitique mais également au sein d'un même gisement.

L'enrichissement en PGM des chromites massives implique qu'elles aient joué un rôle de collecteur. L'éventualité de l'incorporation dans un premier temps des platinoïdes dans le réseau de la chromite a été éliminée puisque les PGM ne sont pas sous forme d'exsolution. Les PGM ont donc été piégés mécaniquement lors de la cristallisation de la chromite. Les PGM cristallisent au plus tard dans le même horizon que la chromite c'est-à-dire dans le manteau supérieur.

Le manque de données expérimentales sur la solubilité des platinoïdes dans les magmas basaltiques ne permet cependant pas d'établir les conditions de cette cristallisation, donc de savoir si elles sont liées à celle de la chromite.

Références :

CONSTANTINIDES C.C., KINGSTON G.A. and FISHER P.C. (1980). — The occurrence of platinum-group minerals in the chromitites of the Kokkinorotsos chrome mine, Cyprus. Ophiolites, Proceed. Int. Ophiolite Symp., Cyprus, pp. 93-101.

LEGENDRE O. (1982). — Minéralogie et géochimie des platinoïdes dans les chromitites ophiolitiques. Comparaison avec d'autres types de concentrations en platinoïdes. Thèse de troisième cycle, université de Paris, 171 p.

RS. 1572

Les gisements et indices de chromite du complexe ophiolitique du Vourinos et leur environnement

Petrology and geochemistry of chromitite and related rocks from the Vourinos ophiolitic complex, Greece

T. AUGÉ *

Contrat C.E.E. n°122-MPP-F (G).

Le complexe ophiolitique du Vourinos, mis en place au Jurassique moyen, affleure sur environ 30 × 20 km. 80 % des roches qui le constituent sont des roches ultrabasiques (harzburgites et dunites) appartenant à la séquence mantellique. Le reste est constitué de cumulats gabbroïques, granophyres, plagiogranites et de termes

doléritiques d'un complexe filonien peu développé, terminé par quelques affleurements de laves spilitisées. Ce massif est de tout temps connu pour ses minéralisations en chrome. A l'heure actuelle, plus de 500 gisements et indices ont été répertoriés. Un grand nombre a fait l'objet de travaux d'exploitation entre 1900 et 1960. Une seule mine est actuellement en activité.

Une des caractéristiques du Vourinos est la proportion importante des dunites par rapport aux harzburgites mais également l'organisation des chromitites au sein des dunites qui forment des « zones minéralisées » où le minerai s'organise en lits, amas, dykes, plutôt qu'en gisement massif monocouche comme c'est le cas dans le Nord Oman et parfois en Nouvelle Calédonie. Des minerais massifs, disséminés, en schlieren, rubanés, nodulaires ou antinodulaires sont parfois associés au sein d'un même gisement. L'olivine (Fo 91,1 à Fo 96,5) souvent assez serpentinisée, est le seul minéral constituant la gangue (avec dans de rares cas l'orthopyroxène). Un gisement a été mis en évidence à la base dunitique de la série cumulative. Tous les autres sont dans la séquence mantellique.

Une étude minéralogique détaillée de l'ensemble de la série mantellique, de la base des cumulats et de 10 zones minéralisées a été entreprise. On notera tout d'abord que tous les minerais, quels que soient leurs types ont une composition très constante ; ils sont du type riche en chrome ($Cr_2O_3 > 60$ % ; Cr/Al = 3,5). Les seules variations observées sont celles du rapport Mg/Fe, dues à l'effet du rééquilibrage subsolidus olivine — chromite, fonction du rapport modal de ces deux phases. Les dunites, qu'elles soient associées aux gisements ou non, possèdent également des chromites disséminées très chromifères (Cr/Al = 3,4) alors que pour les spinelles des harzburgites, ce rapport varie entre 0,8 et 2,6 d'une roche à l'autre mais également d'un cristal à l'autre au sein d'une même roche. En fonction de la forme du cristal et de sa composition, deux générations de spinelles ont été distinguées.

Nous avons également montré que des textures métamorphiques impliquant des remobilisations olivine — chromite importantes telles que les textures pseudoharrisitiques se forment sans modification de la chimie des minéraux.

Les cumulats où le plagioclase apparaît tardivement sont en continuité minéralogique et géochimique avec les chromitites et les dunites intramantelliques. Leurs spinelles s'appauvrissent en Cr et Mg jusqu'aux gabbros où ils disparaissent.

Étant donné la complexité structurale du Vourinos, il est difficile pour ce qui est de la séquence mantellique, de se positionner stratigraphiquement. L'abondance des dunites permet cependant de suggérer que l'ensemble de la harzburgite exposée correspond à la zone de transition c'est-à-dire à la partie supérieure de la séquence mantellique habituellement porteuse de la plupart des gisements. Cette constatation implique qu'aucune zone ne doit être négligée pour des travaux de prospection ultérieure.

Les caractéristiques géochimiques des chromitites ont des implications sur la nature des liquides qui leur ont donné naissance. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le caractère riche en chrome des minerais ne veut pas dire que le magma lui-même était riche en chrome (mais au contraire qu'il était pauvre en Al). Dans ce système, c'est le rapport Cr/Mg du liquide qui détermine soit la précipitation de la chromite (chromitite), soit la précipitation de l'olivine (dunite) et leurs proportions respectives.

Référence :

AUGE T. (1983). — Determination of the factors controlling chromite mineralisation with special emphasis on aids to mineral exploration. EEC partial report, Brussels.

* Stagiaire GIS « Métallogenie ».

RS. 1573

Les gisements de chromite du Nord Oman : intérêt pétrogénétique

Chromite bodies within the Oman ophiolite as petrogenetic indicators

T. AUGÉ *

Contrat C.E.E. n° 02-140-MSM

Le complexe ophiolitique du Nord Oman représente un fragment de manteau supérieur — croûte océanique mis en place au Crétacé supérieur. C'est un des plus importants complexes de roches basiques et ultrabasiques du monde (avec le Bushveld). Son étude, facilitée par le bon état de préservation des structures océaniques, est fondamentale.

La plupart des gisements et indices de chromite se situent à l'interface manteau/croûte ou « paléo-Moho ». Outre leur intérêt minier, les chromitites, qui sont des roches pouvant posséder jusqu'à six minéraux primaires, présentent un intérêt certain pour la compréhension du mode de formation du complexe, permettant ainsi sa caractérisation géodynamique.

En Oman, nous avons distingué trois types de gisements et indices (Augé, 1983) : (1) les gisements situés dans la séquence mantellique ; (2) les gisements de la zone de transition, dans le kilomètre supérieur de la

* Stagiaire G.I.S. « métallogénie ».

séquence mantellique et (3) les gisements de la séquence cumulative, au-dessus du paléo-Moho. Les gisements du type 1 se caractérisent par un minerai à texture massive, une seule phase interstitielle, l'olivine, parfois remplacée par une hornblende et des teneurs en chrome relativement élevées ($Cr_2O_3 > 50$ %). Les gisements des types 2 et 3 ont des chromites pauvres en chrome ($Cr_2O_3 < 45$ %) ; une paragénèse des minéraux interstitiels variée puisque olivine, ortho-clinopyroxène, plagioclase et amphibole coexistent parfois dans les mêmes échantillons. Ils se caractérisent également par la présence de microinclusions automorphes orientées dans les cristaux de chromite. Parfois, elles constituent jusqu'à 50 % du cristal hôte. Dans les inclusions elles-mêmes, on reconnaît les phases précédemment décrites comme interstitielles mais les phases hydratées (pargasite et parfois Na-phlogopite) dominent.

A cette analogie minéralogique et géochimique s'opposent leurs types de textures. Les chromitites du type 3 possèdent des cristaux de chromite et d'olivine automorphes soudés par des mégacristaux de plagioclases et de pyroxènes. Cette texture est parfaitement cumulative. Les gisements du type 2 possèdent des cristaux de chromite et de silicates souvent lobés, à contours digités ; texture également de cumulat mais qui témoigne d'une dynamique de cristallisation différente (Augé, Roberts, 1982). Les premiers correspondent à une cristallisation normale, analogue aux gisements stratiformes des complexes intrusifs alors que les seconds sont issus d'une cristallisation en milieu *turbulent***. Notons que ces deux types de chromitites ont subi un degré de déformation océanique faible.

** Selon le modèle de Tago et al (1982).

Les gisements et indices de chromite des types 2 et 3 du Nord Oman se distinguent par leur minéralogie de tous les gisements ophiolitiques décrits jusqu'à présent. Leur minéralogie (olivine Fo 95, opx En 92 Fs 6,5 cpx En 50 Fs 3,1, plag An 90-98, pargasite sodique) n'est pas en stricte continuité avec celle des cumulats. Elle implique une cristallisation précoce sous forte pH_2O, à partir d'un magma ayant une origine précoce dans l'évolution d'un système pré-arc — arc ; l'eau provenant de la deshydratation de la croûte océanique en subduction.

Si tous les complexes ophiolitiques porteurs de gisements ont leur origine dans un système d'arc — arrière arc (Ohnenstetter et al., 1979), force est de constater que d'un complexe à un autre, leurs gisements de chromite sont parfois fondamentalement différents. Cette spécificité devrait pouvoir trouver son interprétation dans les conditions de genèse et d'évolution des liquides dont sont issus les chromitites et par là même servir à préciser plus finement leur cadre géodynamique.

Références :

AUGE T. (1983). — Etude minéralogique et pétrographique de roches basiques et ultrabasiques du complexe ophiolitique du Nord Oman. Document B.R.G.M. n° 65, 263 p.

AUGE T., ROBERTS S. (1982). — Petrology and geochemistry of some chromitiferous bodies within the Oman ophiolite. *Ofioliti*, 2/3, pp. 133-154.

OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M., PAUPY A., ROCCI G. (1979). — La diversité des ophiolites : importance de la nature du fractionnement conséquences métallogéniques. Mémoire B.R.G.M. n° 97, pp. 47-61.

RS. 1574

Géochimie isotopique (O, H, Sr, Nd) des gisements de chromite, de leurs inclusions fluides, et des roches mafiques-ultramafiques du cortège ophiolitique d'Oman

O, H, Sr, Nd isotope systematics on Oman ophiolitic mafic-ultramafic rocks, chromite deposits and fluid inclusions

H. DUNLOP (*)
A.-M. FOUILLAC

Projet C.E.E. n° 122-MPP.F (G) avec Open University (GB)

Des inclusions fluides aqueuses bi-phasées de petites tailles (5 - 40 μm) sont présentes dans la plupart des gisements de chromite de tous les niveaux de la séquence mantellique et de ceux de la base de la séquence cumulative. L'étude microscopique a montré que ces inclusions sont précoces. Des inclusions similaires ont aussi été observées dans la chromite nodulaire et dans les minéraux silicatés frais (olivine F 090, plagioclase) des minerais. Les chromites non altérées, provenant de minerais massifs, donnent des valeurs de δD allant de — 56 ‰ à — 79 ‰ (Dunlop et *al.*, 1983 ; Johan et *al.*, 1983) typiques d'eaux magmatiques. Ces valeurs correspondent bien à la composition isotopique des fluides des inclusions car, bien que les quantités d'eau obtenues soient très petites (0.03 — 0.06 % en poids), il faudrait une concentration beaucoup trop élevée d'inclusions de silicates hydratés (> 1 %) pour obtenir des quantités d'eau observées (de telles concentrations de silicates hydratés n'ont pas été observées dans des phases étudiées). La répartition des δ D est indépendante de la position de l'échantillon dans la séquence mantellique. Les spinelles contenant des silicates serpentinisés, qu'il n'a pas été possible de séparer, ont aussi été analysés et présentent des δ D plus élevés (— 35 ‰ à — 42 ‰) mais également des concentrations en eau plus élevées (0.08 à 0.15 % en poids).

* GIS - C.N.R.S./B.R.G.M., 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans.

Les rapports isotopiques de l'oxygène obtenus (Dunlop, 1981) sur les minéraux frais (sp, ol, cpx, opx, pl) séparés des chromites massives, des dunites d'éponte, des harzburgites, et des cumulats de base traduisent des processus de fractionnement isotopique à des températures mantelliques (rééquilibrage subsolidus à plus de 800 °C) et ils n'ont pas été perturbés par un échange à haute ou moyenne température avec l'eau de mer.

Les rapports isotopiques $^{143}Nd/^{144}Nd$ de la chromite ($\varepsilon Nd_{95} = +10.4$) et du diopside ($\varepsilon Nd_{95} = +9.9$) de la chromite massive sont identiques à ceux des MORB et confirment l'origine magmatique (par cristallisation à partir d'un magma picritique) de ces gisements (Augé, 1983 ; Christiansen, 1982). Cependant, les cumulats et les laves présentent un grand domaine de variation des rapports isotopiques de Nd et Sr, allant jusqu'à des valeurs correspondant à celles des arcs insulaires ($\varepsilon Nd_{95} = 6.2 - 9.6$, $^{87}Sr/^{86}Sr_o = 0.70360 - 0.70487$; et $\varepsilon Nd_{95} = 6.1 - 9.3$; $^{87}Sr/^{86}Sr_o = 0.70486 - 0.70676$, respectivement, cette étude). L'ensemble des résultats obtenus implique un mode de genèse plus complexe que celui proposé antérieurement par Mc Culloch et *al.*, (1981). Une interaction à différents degrés entre des liquides provenant du manteau appauvri (source des MORB) et des fluides dérivés d'une lithosphère subductée (plus ou moins altérée par l'eau de mer) est plus probable.

Références :

AUGE T. (1983). — Etude minéralogique et pétrographique des roches basiques et ultrabasiques du complexe ophiolitique du Nord Oman. Document B.R.G.M. n° 65.

BROWN M.A. (1980). — Textural and geochemical evidence for the origin of some chromite deposits in the Oman ophiolite Int. Ophiolite Symposium. Nicosia Cyprus, pp. 714-721.

CHRISTIANSEN F. (1982). — Structural analysis of some ophiolitic chromitites in Oman. Ofioliti 2-3, pp. 221-230.

DUNLOP H.M. FOUILLAC A.M. (1981). — Géochimie isotopique des chromites et des roches ultramafiques associées du cortège ophiolitique d'Oman. Résumés scientifiques B.R.G.M., pp. 107-108.

DUNLOP H.M., FOUILLAC A.M. (1983). — Isotopic studies of fluid inclusions in chrome spinels : implications concerning the genesis of ophiolitic chromite deposits in Oman. ECRFI, Symp. p. 25.

JOHAN Z., DUNLOP H.M., LE BEL L., ROBERT J.L., VOLFINGER M. (1983). — Origin of chromite deposits in ophiolitic complexes : evidence for a volatile and sodium rich reducing fluid phase. *Fortsch. Mineral.*, 61, pp. 105-107.

Mc CULLOCH M.T., GREGORY R.T., WASSERBURG G.J. TAYLOR H.P. (1981). — Sm-Nd, Rb-Sr and $^{18}O/^{16}O$ isotopic systematics in an oceanic crustal section : evidence from the Semail ophiolite. *J. Geophys. Res.*, 86, pp. 2721-2735.

Gîtes de couverture, phosphate

RS. 1575

Tectonique et sédimentation triasiques dans le bassin mésozoïque d'Alès (Gard)

Triassic tectonics and sedimentation in the Mesozoïc Basin of Alès (Gard)

D. BONIJOLY
J.-M. FREDET *

Cette étude s'intègre dans un programme pluri-annuel de recherches sur les gîtes cachés de couverture de la bordure cévenole. Elle a été réalisée avec le concours de la division minière Sud-Ouest du B.R.G.M.

Elle a pour but l'analyse des déformations tectoniques et sédimentaires subies par le Trias lors de son dépôt ou de sa diagenèse dans le bassin mésozoïque d'Alès et elle tend vers une meilleure compréhension de contrôle tectonique de l'évolution paléogéographique de ce bassin et du dépôt des minéralisations (Ba, Pb, Cu...).

Au Trias, l'expression du régime tectonique est étroitement dépendante de la structuration tardi-hercynienne du substratum. Celle-ci, à l'emplacement des horsts de Pallières et de Rochebelle-Fontanes, autorise l'expression d'une distension NW-SE alors qu'au nord d'Alès, une fracturation variée (NE-SW, NW-SE, N-S et E-W) permet aux distensions N-S et NW-SE de s'exprimer. Il est probable que la distension NW-SE corresponde à la réorientation de la distension N-S sur les structures héritées car celle-ci est toujours postérieure à la seconde. Cette réorientation est facilitée par l'existence, lors de la distension N-S, d'un ellipsoïde des contraintes proches de la révolution.

Les régimes de contraintes contrôlent l'individualisation des zones paléogéographiques ainsi que leur évolution dans le temps. Ils induisent également, à proximité des failles actives, des déformations synsédimentaires variées (slumps, petites failles synsédimentaires, « microcañons » à olistolithes).

Les minéralisations à barytine, galène, minéraux cuivrés sont associées à une rubéfaction et à une silicification de surfaces sédimentaires et sont étroitement contrôlées par l'existence d'accidents dont les épontes présentent les mêmes transformations diagénétiques. Leur localisation est en étroite relation avec les traits majeurs de la structuration tardi-hercynienne (faille de Mercoirol NE-SW, « faille » de Laval-Pradel-Rochebelle N-S, failles de Rochebelle-Fontanes et Pallières NNE-SSW).

A l'Eocène, toute cette zone est affectée par la compression pyrénéenne dont les effets diffèrent en fonction de la position paléogéographique. Sur la zone étudiée, cette compression N-S s'exprime essentiellement sous forme de décrochements et d'un faible plissement. Deux exceptions sont à noter :

— les anciennes failles E-W rejouent en failles inverses et sont accompagnées de plis parfois déversés ;

— sur le horst de Pallières, la collision entre cette structure et le môle cristallophyllien des Cévennes entraîne un intense écaillage ainsi que des contacts anormaux entre Trias-Hettangien ou Trias-Sinémurien.

Référence :

BONIJOLY D., FREDET J.-M. (1982). — Tectonique et sédimentation triasique dans le bassin mésozoïque d'Alès (Gard). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 752 GEO.

* Institut géologique Albert de Lapparent, 21, rue d'Assas, 75270 Paris Cédex 06.

RS. 1576

Etude de la matière organique des séries carbonatées liasiques du gîte Zn-Pb de Trèves (Gard, France). Implications génétiques

Organic matter study of the liasic carbonate-hosted zinc-lead deposit of Trèves (Gard, France) — Genetic implications

B. GAUTHIER
J.-R. DISNAR

Le gîte Zn-Pb de Trèves (bordure ouest des Cévennes) a été défini par Macquar et Lagny (1981) comme un gisement paléokarstique « sous inconformité » en encaissant carbonaté dolomitisé. D'après ces auteurs, l'essentiel des minéralisations se serait mis en place à la fin du Lotharingien inférieur, à la faveur de la succession d'événements suivants : émersion — dolomitisation — karstification.

L'étude de la matière organique (M.O.) renseigne tout d'abord sur le paléoenvironnement du dépôt de la série liasique de Trèves. Ainsi, la pétrographie et la géochimie organiques indiquent que les calcarénites originelles se sont vraisemblablement déposées dans des conditions oxydantes ce qui est en bon accord avec les données de la sédimentologie. Au Lotharingien moyen, le démantèle-

ment d'une roche ayant déjà subi la diagenèse est révélé par la présence dans les sédiments de cet âge, de particules organiques détritiques évoluées.

En ce qui concerne l'histoire diagénétique du gisement, l'examen pétrographique (mesure du pouvoir réflecteur : PR) des constituants organiques révèle une évolution thermique anormale de ceux-ci, eu égard à la diagenèse d'enfouissement de la série. Cette évolution anormale résulterait d'une phase hydrothermale dont les effets se seraient limités au volume dolomitisé et qui aurait exercé son intensité maximale au niveau des cavités karstiques actuellement minéralisées. Les manifestations de cet épisode s'estompent progressivement vers l'ouest, lorsque l'on s'éloigne des zones minéralisées (et de la bordure du socle).

Les sédiments dolomitisés, minéralisés ou non, se distinguent des calcarénites par des teneurs en carbone organique nettement plus faibles (0,20 % contre 0,45 %) — à l'exception des remplissages argilo-dolomitiques des cavités karstiques (1 %) — ainsi que par des valeurs anormalement basses de leurs paramètres Tmax déterminé par la pyrolyse Rock-Eval. Ces différences peuvent être attribuées à une altération du stock organique des dolomies (minéralisées ou non). Cette altération s'est produite essentiellement aux dépens du kérogène, en générant des bitumes, y compris dans les cavités karstiques.

Au cours de la diagenèse normale d'enfouissement de la série, les bitumes (et éventuellement le kérogène) ont généré des hydrocarbures par craquage thermique. La distribution de ces hydrocarbures indique une évolution compatible avec les plus faibles valeurs du pouvoir réflecteur mesurées (stade atteint : début de la fenêtre à huile). Ceci semble impliquer que le processus responsable de l'altération de la M.O. se serait produit **après** (ou pendant) la phase thermique anormale et **avant** la diagenèse d'enfouissement, en provoquant un certain rajeunissement du matériel organique en place. Cette altération, ne se traduisant par aucune augmentation de la teneur en oxygène de ce matériel semble donc avoir une origine microbiologique plutôt que chimique (oxygène). Cette altération peut aisément être considérée comme étant liée aux circulations de fluides responsables des processus de dissolution-minéralisation évoqués par Macquar et Lagny (1981). Ainsi, des fluides chauds amenés par des failles, se mélangeant avec des eaux de nappes froides, ont pu, à la fois :

— provoquer l'évolution thermique anormale de la M.O.,

— contribuer à la dolomitisation des roches calcarénitiques,

— apporter le stock métal et les sulfates utilisés (notamment dans les zones riches en M.O. tels les remplissages des cavités karstiques) par les micro-organismes sulfato-réducteurs générant l'H_2S nécessaire à la mise en place de la minéralisation.

Ce processus expliquerait bien :

— la précipitation de la barytine associée au minerai par simple mélange de 2 fluides différents par leur chimisme et/ou leur température ;

— la décroissance rapide lorsque l'on s'éloigne du socle du gradient thermique mis en évidence par les mesures de P.R. Cette décroissance résulterait, en effet, de la dilution des solutions chaudes par les eaux froides, et de la circulation de ce mélange dans le volume dolomitisé (et minéralisé).

Références :

GAUTHIER B., DISNAR J.-R. (1984). — Etude de la matière organique des séries carbonatées liasiques du gîte Zn-Pb de Trèves (Gard, France). Implications génétiques. Rapport B.R.G.M., sous presse.

MACQUAR J.-C., LAGNY P. (1981). — Minéralisation Pb-Zn « sous inconformité » des séries de plates-formes carbonatées. Exemple du gisement de Trèves (Gard, France). Relations entre dolomitisation, dissolutions et minéralisations. *Mineral. Deposita,* 16, pp. 283-307.

RS. 1577

Recherche d'indicateurs pétrographiques et géochimiques pour la prospection de gîtes cachés en terrain sédimentaire

Research of petrographical and geochemical guidelines for exploration of hidden ore deposits in sedimentary environment

J.-F. SUREAU
Y.-M. LE NINDRE

Contrat C.C.E. MSM.041.F

Les travaux méthodologiques de recherche d'indicateurs pétrographiques et géochimiques suceptibles de caractériser les différentes phases de minéralisations affectant une couverture sédimentaire sont essentiellement focalisés sur la bordure sous-cévenole entre Alès et Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard). Cette zone présente de nombreux travaux miniers (mines de Pallières-Joseph, Pradinas, Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, Saint-Jean-du-Pin, le Soulier) et indices minéralisés en Fe, Pb, Zn, Cu, et Ag qui se localisent dans la série triasoliasique le long d'une structure orientée SSW-NNE connue sous le nom de horst de Pallières-Générargues.

Les travaux réalisés antérieurement (Aubague et *al.*, 1980 et 1981) avaient montré :

— que des parentés géochimiques et paragénétiques reliaient les différents indices et minéralisations ;

— que les minéralisations du Trias et du Lias à Pallières se situeraient dans une zone où se superposaient des phénomènes de fracturation-dissolution et de précipitation

de sulfures, de dolomite ferrifère voire de silice montrant des signes d'influences hydrothermales ;

— que des lacunes existaient dans la connaissance géologique de cette structure.

Ces constatations nous ont conduit à mener en 1983 trois opérations destinées à replacer dans le contexte régional des guides de recherche dégagés par l'étude du gîte de Pallières (*cf.* Aubague et *al.*, 1982).

1) Réactualisation du cadre géologique et structural par des levés cartographiques de détails dans des zones particulièrement représentatives où il est possible de « caler » les phases diagénétiques sur les phases tectoniques.

2) Caractérisation minéralogique et géochimique des différentes minéralisations sous leurs formes sulfurées et oxydées rencontrées en surface ou dans les sondages disponibles. Les premières études paragénétiques confirment des ressemblances dans les associations minéralogiques à quartz-barytine-sulfures sur toute la zone du horst en mettant l'accent sur les phénomènes de remplacement en particulier des sulfates par les sulfures et le quartz. Une comparaison des compositions isotopiques (Pb, ^{87}Sr, ^{13}C, ^{18}O) et en éléments traces (Co, Ni, Tl, Ge, As, Sb, Hg et des terres rares) sur les sulfures et leurs gangues dolomitiques est en cours.

3) Caractérisation de ou des phénomènes moteurs des phases de minéralisation. La voie choisie est celle de la recherche et de la répartition dans le temps et l'espace des anomalies thermiques observées dans la série sédimentaire par :

— l'étude du degré d'évolution de la matière organique ;

— des datations isotopiques (K/Ar) faites sur des minéraux argileux syncinématiques associés aux mouvements du horst ;

— l'examen des différentes manifestations filoniennes visibles dans le socle dans leurs relations avec la couverture sédimentaire.

Cette première phase de recherche devrait permettre de dégager des indicateurs pétrographiques et géochimiques caractérisant dans le temps et l'espace les phases métallogéniques responsables des concentrations minérales les plus importantes.

Références :

AUBAGUE M. et *al.* (1980). — Recherche de guides de prospection pour les gîtes Pb-Zn liés aux strates en environnement carbonaté (phase 1). Compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par la D.G.R.S.T., contrat n° 76.7.0024, juin 1980.

AUBAGUE M. et *al.* (1981). — Recherche de guides de prospection pour les gîtes Pb-Zn liés aux strates en environnement carbonaté (phase 2). Compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par la D.G.R.S.T., contrat n° 78.7.0211, avril 1981.

AUBAGUE M., L'HOMER A., SUREAU J.-F. (1982). — Gîtes Pb-Zn liés aux strates en environnement dolomitique (Bois-Madame, La Croix de Pallières, Figeac). *Chron. Rech. Minière,* n° 466, pp. 41-59.

RS. 1578

Etude sédimentologique et pétrographique des grès de base du Trias dans le bassin d'Alès (Gard, France) Contribution à la recherche des gîtes métalliques plombo-zincifères dans la bordure sous-cévenole

Petrographic and sedimentologic study of the triassic basal sandstones of the Alès basin (Gard, France). A contribution to the prospecting of lead-zinc ore deposits of the Cevennes area

J. ROGER *

La bordure sous-cévenole renferme d'abondantes minéralisations plombo-zincifères. Celles-ci apparaissent développées à plusieurs niveaux stratigraphiques et plus particulièrement, pour l'objet de l'étude, dans les grès de base du Trias.

Mis en place progressivement sur une surface pénéplanée du socle hercynien, les grès de base triasique présentent un caractère hétérochrone et débutent au Muschelkalk. Ils représentent le terme inférieur d'une mégaséquence transgressive comprenant : les grès de base — des argilites évaporitiques (= « salifère inférieur ») — une barre dolomitique inférieure. Les grès de base sont constitués par une unité conglomératique inférieure polygénique, à stratification oblique ou chenalisante, caractéristique d'un milieu de dépôt fluviatile, un ensemble intermédiaire de grès feldspathiques et lithiques à stratification horizontale et bancs épais à débit massif, un ensemble supérieur de grès feldspathiques fins, en plaquettes, à ripple-marks et pseudomorphoses de sel gemme, mis en place dans un contexte de plaine côtière.

Cet ensemble détritique montre une composition pétrographique homogène à lithoclastes de quartzite, de feldspaths (surtout des orthoses), de quartz monocristallins et phyllites. L'étude des ciments, porteurs de la minéralisation, plus particulièrement développés dans les horizons détritiques supérieurs les plus fins et les mieux triés, a permis de reconnaître quatre type de ciments : — siliceux et silicobarytique, sulfurés, carbonatés, sulfatés.

* Les travaux de terrain ont été menés en collaboration avec A. COUMOUL (RDM/SO).

La succession paragénétique des ciments observés montre la contemporanéité de la mise en place des sulfures de fer avec la silicification des roches ; les sulfures de Pb et Zn apparaissant plus tardivement, pour partie liés aux fracturations.

La distribution des ciments est en relation avec un contrôle paléogéographique et sédimentologique : les ciments siliceux apparaissent typiques des zones à série dite normale ou amincie, les ciments sulfurés qui localement leur sont associés étant retrouvés en bordure de haut-fond à série amincie ; à l'inverse, les sulfates sont présents à l'aplomb des cuvettes argilo-évaporitiques à série surépaissie, les carbonates se développant en position intermédiaire.

Cette indication paléogéographique est proposée comme guide de prospection.

Référence :

ROGER J. (1984). — Étude sédimentologique et pétrographique des grès de base du Trias dans le bassin d'Alès (Gard, France). Rapport B.R.G.M., 84 SGN 086 GEO.

RS. 1579

Interprétations paléogéographiques et métallogéniques dans le Permien du dôme de Barrot (Alpes-Maritimes)

Paleogeographical and metallogenetic interpretations of the Permian in the Barrot (Alpes-Maritimes)

C. VINCHON

Le travail présenté ici résulte de la synthèse des résultats acquis depuis 1980 au cours d'une thèse d'état présentée le 12 janvier 1984.

Les séries permiennes du dôme de Barrot et des régions voisines se sont déposées dans un contexte climatique chaud, à saisons contrastées, à dominante aride et dans un contexte géodynamique de graben en distension.

Les dépôts se sont faits dans un environnement alternativement fluviatile irrégulier (conglomérats du Membre de la Placette — formation de Léouvé), fluvio-lacustre (grès du Membre de Roua, formation de Léouvé) ou éolien et lacustre (formation du Cians).

Les dépôts de la bordure sud de l'Argentera et du Barrot se sont déposés dans un unique graben, s'étendant de l'Argentera vers le Tanneron, et de telle façon que la marge nord alimente les deux premiers cycles sédimentaires, et la marge sud alimente le troisième cycle (formation de Léouvé).

Après leur dépôt, les sédiments et les termes volcaniques ont été soumis à des événements diagénétiques et métallogéniques qui apparaissent étroitement associés. L'hypothèse génétique suivante est proposée :

— il se développe précocement une phase de quartzo-albitisation (dans les sédiments fins et dans les termes volcaniques) et de silicification (dans les termes grossiers permiens et à la base du Trias) ;

— le premier événement minéralisateur débute avant la fin de cette phase diagénétique. Il est lui aussi d'ordre diagénétique. Ces deux phases sont favorisées par la nature très alcaline de la solution interstitielle qui reflète l'aridité des conditions de dépôt. Les métaux présents en trace dans les sédiments sont remobilisés par cette solution ; les sulfures se forment quand cette solution est expulsée vers un interface réducteur (indices au contact du Trias et du Permien, indice de Roua, indices associés au niveau à débris végétaux du Membre de Roua). Le premier type de gîtes minéraux se retrouve régionalement dans les termes permiens et triasiques de Provence orientale et de l'Argentera ;

— une phase dolomitique se développe dans les sédiments et dans les discontinuités structurales créées par les premiers mouvements cassants alpins ;

— un second événement minéralisateur, d'ordre hydrothermal (350 °C) remobilise partiellement les métaux des gîtes primaires (indices filoniens de la formation du Cians) lors du rejeu des failles au Pliocène ;

— une phase d'oxydation subactuelle remobilise certains métaux (Cu, Mg, Hg) sous leur forme native ou oxydée.

La concentration en métaux dépend de l'origine du matériel, ainsi que des faciès sédimentaires et volcaniques. L'importance de la phase alcaline reflète les conditions de dépôt qui favorise l'évaporation. Ces paramètres d'ordre sédimentaire modulent le développement des événements minéralisateurs ultérieurs d'ordre diagénétique et hydrothermal.

Référence :

VINCHON C. (1984). — Sédimentogenèse et métallogenèse du Permien du Dôme du Barrot (Alpes-Maritimes, France). Comparaison avec les ensembles permiens voisins. Thèse d'État INPL Nancy, Doc. B.R.G.M. n° 70.

RS. 1580

Les phénomènes d'altération du gisement à Zn-Pb-Ag de Jabali (couverture jurassique du Nord-Est de la République arabe du Yémen) ; chronologie, conséquences pour la prospection

Alterations of the Zn, Pb, Ag Jabali ore deposit (Yemen Arab Republic) ; their chronology and consequences as to exploration

Ph. LAGNY
J. FERAUD

L'ancienne mine de Jabali, exploitée pour l'argent durant les premiers siècles de l'ère islamique, est un gisement sous inconformité dans des calcaires fortement dolomitisés du Jurassique supérieur (P. Christmann et *al.*, 1982, 1983). La reconnaissance, par sondages, de l'extension des minéralisations sous la couverture d'un pan de montagne récemment glissé, permet aujourd'hui de préciser la nature des concentrations et d'envisager une chronologie des phénomènes tardifs qui ont profondément altéré la minéralisation sulfurée initiale (blende dominante, galène, pyrite).

Celle-ci comporte deux faciès principaux : des sédiments dolomitiques minéralisés (anciens sables dolomitiques) remplissant des cavités de dissolution ou cimentant des brèches d'effondrement ; des imprégnations des roches encaissantes.

L'altération récente comporte deux phases successives, bien séparées dans le temps :

— La première se traduit par une oxydation des sulfures en smithsonite (avec un peu d'hydrozincite), cérusite et hydroxydes de fer. Quelques reliques de cristaux de galène subsistent. Les structures initiales sont généralement bien conservées.

— La seconde correspond à la formation d'un « gossan » ferrugineux complexe, plus ou moins riche en silice, où l'on observe dans des faciès bréchiques, des fragments de minerai oxydé remaniés. Au contact du « gossan » et de la minéralisation oxydée se développent des cristallisations d'hémimorphite.

Cette seconde phase d'altération n'existe qu'en surface actuelle. La minéralisation rencontrée par sondages sous le bloc glissé n'est en effet affectée que par la première phase d'altération.

La seconde phase, qui évoque des phénomènes d'altération en climat tropical, est donc postérieure au glissement qui a recouvert l'extension du gisement.

Ces observations présentent un certain intérêt pour la prospection du chaînon jurassique : de nombreux indices se présentent sous forme de « gossans », avec des teneurs géochimiques plus ou moins fortes en Pb et Zn ; ils peuvent masquer totalement une minéralisation oxydée plus ancienne.

Référence :

CHRISTMAN P. et *al.* (1983). — Résultats de trois années de prospection en République arabe du Yémen. Découverte du gisement de Jabali (Zn, Pb, Ag) dans la couverture jurassique. *Chron. Rech. Min.*, n° 473, pp. 25-38.

RS. 1581

Typologie et caractérisation physico-chimique de particules phosphatées ; applications à la série phosphatée éocène de Casamance (Sénégal)

Physico-chemical characterization and typology of phosphatic particules. Applications for the Casamance Eocene phosphatic sequence (Senegal)

D. GIOT
M. SAMB

A l'occasion d'une campagne de forages réalisée dans le cadre d'une prospection de phosphate en Sud-Est Casamance (Sénégal), quatre sondages recoupant la totalité de la série phosphatée ont été sélectionnés. La série recoupée est lithologiquement et stratigraphiquement définie. Elle est constituée par les argiles sableuses ampéliteuses de la partie inférieure du Paléocène, les marnes papyracées et les calcaires fossilifères à intercalations de phosphate et de glauconie de l'Eocène inférieur, les marnes calcaires et les phosphates de l'Eocène moyen à supérieur, et est recouverte en discordance par la série détritique du Continental terminal.

Après séparation des exogangues, les grains phosphatés sont triés, puis classés en familles d'après leurs formes, dimensions, aspects de surface et composition définie par la nature minéralogique des endogangues, la répartition des matières organiques, le chimisme de la phase phosphatée. Sept familles sont ainsi identifiées : grains anguleux (lithoclastes), pellets, micronodules, bioclastes, coprolithes, grains composites et grains mixtes. Cet ensemble de données permet de préciser la nature des divers éléments phosphatés en présence dans un minerai et doit pouvoir être utilisée à des fins de présélection pour les éventuelles utilisations industrielles. De plus, ces données apportent de précieux renseignements sur la genèse et l'évolution diagénétique des grains phosphatés. En particulier sont reconnus des phénomènes d'oxydation des matières organiques, indicateurs de remaniements pénécontemporains des particules phosphatées et d'enrichissement en phosphore de l'apatite en fonction des mêmes remaniements et de l'action tardive supergène.

Le présent travail, principalement réalisé par les techniques pétrologiques (macro et microscopie, analyses ponc-

tuelles MEB et microsonde) met l'accent sur le polymorphisme et le polygénisme des particules porteuses de phosphore ; il devra trouver un prolongement dans l'étude détaillée des composés organiques qui n'a pu être qu'esquissée ici et dans celle des propriétés physiques qui n' a pas été abordée.

Référence :

SAMB M. (1983). — Typologie et caractérisation physico-chimique de particules phosphatées - application à la série phosphatée éocène de Casamance (Sénégal). Thèse de 3[e] cycle soutenue le 19 décembre 1983 - Université d'Orléans.

RS. 1582

Étude d'un gisement phosphaté de type plate-forme interne : les gisements phosphatés de Bofal et Loubboïra (Mauritanie)

A. BOUJO
H. CAPETTA *
C. MONCIARDINI
El H. OULD JIDDOU **
C. ROBELIN
J. ROGER
C. VINCHON

Study of an inner shelf type phosphatic basin : the phosphate deposits of Bofal and Louboirra (Mauritania)

Une prospection systématique de la région comprise entre Aleg, Bogué et Kaédi a abouti à la découverte de deux gisements de phosphate près du village de Bofal et du lieu-dit Loubboïra.

La formation phosphatée intercalée au sein d'une série détritique argilo-gréseuse, repose sur un substratum quartzarénitique fin rapporté à la partie terminale des grès de Gogol. Elle est coiffée par la « formation jaune », franchement argileuse à la base (smectite-illite) et argilo-sableuse au sommet, à laquelle succède une série détritique gréso-argileuse bariolée fortement pédogénisée et surmontée d'une cuirasse latéritique.

La formation phosphatée se présente sous deux principaux faciès : l'un à l'Ouest, très condensé, qui associe de façon séquentielle, phosphates, carbonates, argiles magnésiennes (faciès « barré » et assimilé à « non barré »), l'autre à l'Est, enrichi en éléments détritiques (quartz) et coloré par des produits ferrugineux et alumineux. Les dolomies développées au sein de la formation phosphatée ou placées à son toit, ont nettement montré leur origine diagénétique.

Le minerai phosphaté est du type phospharéno-rudite quartzeuse meuble. Les éléments phosphatés qui le composent sont pour une large part de nature coprolithique et dans une moindre proportion des pellets, des lithoclastes, des moules internes d'organismes invertébrés, des débris osseux (dont des dents) de vertébrés. Les mesures de la composition chimique du phosphate de calcium conduisent à des valeurs du rapport CaO/P_2O_5 comprises entre 1,29 et 1,46, expression d'un déficit en CaO qui témoigne d'un lessivage du matériel phosphaté et de son enrichissement naturel en phosphore. L'endogangue des grains phosphatés est généralement réduite, limitée à des microquartz, de la glauconie, des produits ferrugineux et de la matière organique. L'exogangue du minerai est essentiellement de nature siliceuse (quartz détritiques) et devient plus abondante vers l'Est.

L'âge de ces gisements, assez imprécis en raison de la pauvreté de la biophase, est probablement yprésien et non lutétien comme le suggéraient les travaux antérieurs.

Les analyses sédimentologiques (étude pétrographique des différents faciès, exoscopie des quartz, minéralogie des argiles), permettent de reconstituer le milieu de phosphatogénèse qui apparaît marin confiné, et dynamiquement calme ainsi que le milieu de concentration des grains phosphatés qui est du type plate-forme interne confiné caractérisé par un hydrodynamisme plus puissant et un apport de détritique terrigène originaire du continent.

D'un point de vue minier, les réserves probables atteignent 100 Mt, avec une puissance moyenne de 1,75 à 2 m et des teneurs moyennes en P_2O_5 de 19-20 %. Les études ont montré que l'aptitude du minerai à l'enrichissement est excellente (concentré de l'ordre de 36 % P_2O_5).

Références :

BOUJO A., OULD JIDDOU EL H. (1983). — Une découverte récente de phosphate : les gisements de Bofal et de Loubboïra (Mauritanie méridionale, région du fleuve Sénégal), *Chron. Rech. Min.*, n° 472.

BOUJO A., MONCIARDINI Ch., ROBELIN C., ROGER J., VINCHON C. (1983). — Caractères sédimentologiques et diagénétiques de la série phosphatée de Bofal-Loubboïra (Mauritanie). Rapport B.R.G.M. 82 SGN 850 GEO.

* Université de Montpellier
** Société nationale industrielle et minière - Mauritanie.

RS. 1583

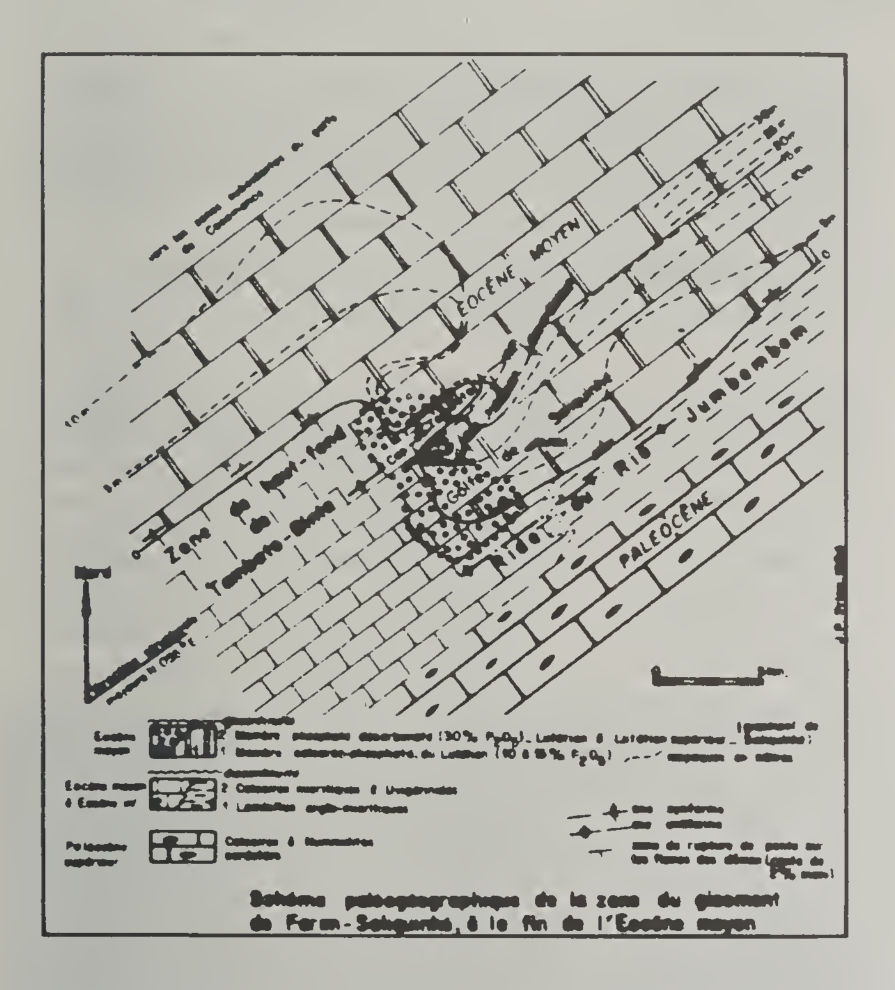
Modalités de la sédimentation du gisement de phosphate éocène de Farim-Saliquinhe (Guinée Bissau)

PRIAN J.-P.
BOURDILLON de GRISSAC C.
ROGER J.
avec la collaboration de :
MONCIARDINI C.
ANDREIEFF P.
CAPPETTA H. *
CARBONNEL G. **

Sedimentation processes of the Eocene phosphate deposit of Farim-Saliquinhe (Guinée Bissau)

Les travaux de sondages (100, totalisant 5 600 m de série) réalisés par le B.R.G.M. et la Direction des mines locale entre 1981 et 1983 dans le Paléocène et l'Eocène du Nord de la Guinée Bissau, dans le cadre d'une convention F.A.C., apportent d'une part de nombreuses données nouvelles sur la géologie de la bordure sud du bas-

sin sédimentaire sénégalo-mauritano-guinéen, et ont d'autre part abouti à la découverte du gisement de phosphates de chaux de Farim-Saliquinhe, homologue méridional des gîtes phosphatés du Nord du Sénégal. Les réserves géologiques du gisement dépassent 100 millions de tonnes de minerai à 30 % P_2O_5.



Les études pétrographiques, minéralogiques et micropaléontologiques réalisées sur quelques sondages carottés sélectionnés à l'intérieur et à l'extérieur du gisement, viennent en appui aux travaux de recherche minière. Les caractéristiques pétrographiques et minéralogiques des concentrations phosphatées ont conduit à établir, pour chaque formation porteuse, une typologie des grains phosphatés. En micropaléontologie, la mise en évidence de successions d'associations de Foraminifères benthiques, calées en biostratigraphie par les Foraminifères planctoniques, a permis de reconstituer leur paléoécologie et de déceler l'existence de remaniements de microfaune.

Dans la région de Farim, a été décelé un dispositif paléogéographique précoce, anté-Paléocène, de haut-fonds et golfes, affectant le Paléocène et l'Eocène. La structure la plus marquée est au Sud-Est la paléoride du Rio Jumbembem, orientée N 50 °E, d'extension régionale, au niveau de laquelle toute la série éocène est extrêmement condensée et se biseaute progressivement. Vers le Sud-Ouest, cette structure s'invagine et délimite une petite baie fermée à l'Ouest, au Nord et au Sud, et ouverte au Nord-Est, de 5 km de largeur sur 4 km de longueur, bordée par la zone de haut-fond de Tambato-Binta et abritant le gisement de Saliquinhe adossé au flanc nord du dôme du Rio Jumbembem.

Les minéralisations phosphatées discrètes au Paléocène supérieur et à l'Eocène inférieur dans des laminites argilomicritiques de milieux de plate-forme externe, circalittoraux, deviennent abondantes à l'Eocène moyen dans une série calcaire biomicritique, notée FPB, dont la sédimentation en milieu infralittoral distal à proximal est contrôlée par le dispositif en hauts-fonds et golfe de Saliquinhe ouvert au Nord-Est. Les minéralisations prennent ponctuellement valeur de gisement, au Lutétien ou au Lutétien supérieur (dans une formation de sables phosphatés susjacente à la précédente, notée FPA, piégée dans une paléostructure en cuvette superposée au golfe de Saliquinhe, mais fermée au Nord-Est). Le membre phosphaté FPA ne résulte pas d'une décarbonatation en place du membre calcaréo-phosphaté FPB, mais provient en partie du remaniement des grains phosphatés de FPB et de grains à support biogénique plus anciens situés en position de vulnérabilité érosionnelle à l'aplomb du dôme du Rio Jumbembem, et de leur piégeage dans la cuvette fermée de Saliquinhe située dans un environnement non marin, littoral à continental (piège structural, morphologique et hydrodynamique). Dans leur site de dépôt final, la mise en place des grains phosphatés d'origine marine est accompagnée de décharges de quartz détritiques d'origine continentale. A l'intérieur de la cuvette confinée entourée de hauts-fonds, le minerai FPA a subi des modifications diagénétiques (décarbonatation des grains, phosphatisation secondaire, silicification) et pédogénétiques (néogénèse de sulfures de fer, carbonates de fer, et de phosphates d'alumine au sommet du profil), au cours d'une longue lacune de sédimentation allant de l'Eocène supérieur correspondant vers le Nord et le Nord-Est au dépôt d'une formation carbonatée absente à l'emplacement du gisement. Les différents termes de la série éocène sont recouverts en discordance par des argiles feuilletées à niveaux de phosphate d'alumine marquant l'émersion générale de cette bordure de bassin à la limite Eocène supérieur-Oligocène inférieur.

Références :

BOURDILLON de GRISSAC C., ROGER J. (1984). — Étude sédimentologique et micropaléontologique des séries phosphatées du Paléocène et de l'Eocène de la région de Farim (Nord-Est Guinée Bissau). Rapport B.R.G.M., SGN/GEO *à paraître.*

CARBONNEL G. (1984). — Ostracodes tertiaires (Paléogène à Néogène) du bassin sénégalo-guinéen. Univ. Claude Bernard, Lyon I, Villeurbanne, *à paraître.*

PRIAN J.-P. (1981). — Recherches de phosphates par sondages dans l'Eocène de la région de Farim (Guinée Bissau). Résultats de la première campagne. Rapport B.R.G.M. 81 RDM 043 AF.

PRIAN J.-P. (1984). — Géologie et évaluation des réserves du gisement de phosphate de chaux éocène de Farim-Saliquinhé (Nord-Est Guinée Bissau). Rapport B.R.G.M. 84 RDM AF, *à paraître.*

PRIAN J.-P., BOURDILLON de GRISSAC C., ROGER J. (1984). — La sédimentation phosphatée du sillon tertiaire de Farim (Guinée Bissau) ; indices de confinement. *Journal of Sedimentary Petrology, à paraître.*

* Université de Montpellier II.
** Université de Lyon I.

RS. 1584

Étude expérimentale des mécanismes de concentration de l'uranium par une matière organique sédimentaire dans des conditions de température croissantes

Experimental study of the concentration mechanisms of uranium by a sedimentary organic matter under increasing thermal conditions

S. NAKASHIMA *
J.-R. DISNAR **
A. PERRUCHOT

Deux processus souvent invoqués pour expliquer l'association fréquemment observée de l'uranium avec divers matériaux sédimentaires carbonés (charbons, kérogènes, bitumes, pétrole) ont fait l'objet d'études fondamentales :

1) La fixation (par échange d'ions) de cations uranyle, par la matière organique (éventuellement suivie de la réduction de ces espèces).

2) La réduction d'espèces mobiles de l'uranium VI en composés insolubles de ce métal à l'état d'oxydation IV (uraninite, pechblende), par des composés soufrés (H_2S, FeS_2...), généralement abondants dans les milieux riches en matière organique.

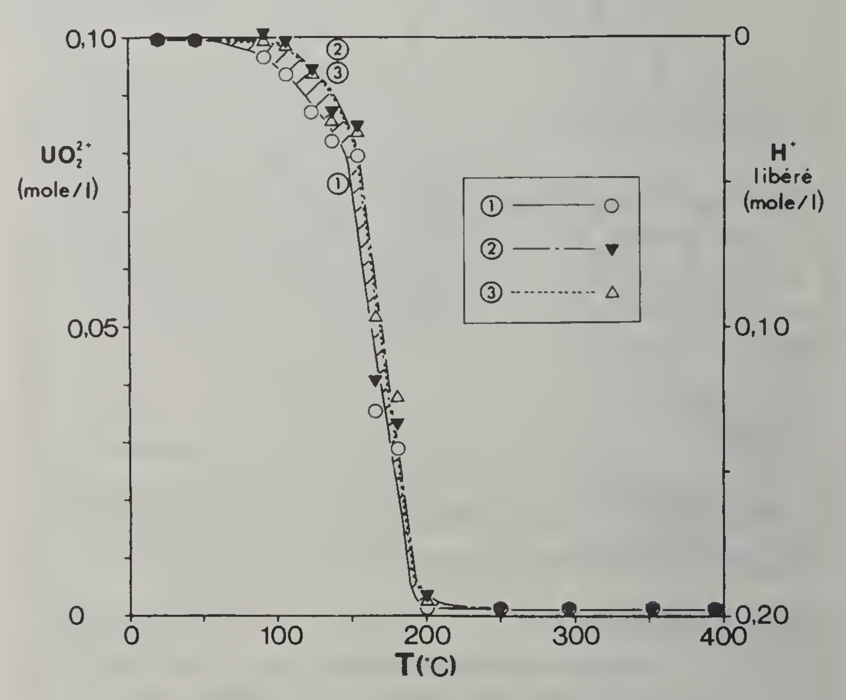
Par contre, la possibilité d'une réduction directe de U VI en U IV par des matériaux organiques sédimentaires n'a fait l'objet jusqu'à présent que de considérations théoriques. Afin de tenter de combler cette lacune, nous avons chauffé, en système clos, un sel d'uranyle (UO_2Cl_2) en solution dans l'eau, en présence d'un matériau organique naturel (lignite de Gardanne, France). Les premiers résultats de ces expériences, présentés dans la figure jointe, permettent de mettre en évidence deux phénomènes mettant en jeu les relations mutuelles de l'uranium et de la matière organique. Le premier consiste en la fixation d'espèces uranylées par le lignite ; le second, en la réduction de ces espèces de l'état d'oxydation VI à IV (uraninite). Ces deux phénomènes sont dépendants de la température, la fixation débutant avant la réduction (45° contre 120 °C).

La majeure partie des espèces uranylées fixées par le lignite (45 à 250 °C) l'est sous forme d'entités organo-uranylées particulièrement stables, résistant à un lavage acide poussé. Le processus responsable de cette fixation n'est donc pas un phénomène d'échange d'ions classique. D'ailleurs, le lignite employé est dépourvu des groupes fonctionnels les plus actifs lors de la mise en œuvre d'un tel processus (groupes carboxyliques). La réduction du métal s'accompagne d'une déshydrogénation du matériau carboné étudié. Le mécanisme de cette réaction peut être schématisé de la façon suivante :

$$2\,(RH) + UO_2{}^{2+} \longrightarrow 2\,(R^{\circ}) + UO_2 + 2\,H^+$$

Dans cette représentation, (R°) peut être un groupement fonctionnel hétéroatomique (par exemple, un radical alcoolique) ou un groupement hydrocarboné.

Ce processus de réduction pouvant conduire à la précipitation de quantités importantes d'uraninite (> 2,4 g/g lignite), peut permettre d'expliquer la genèse de minéralisations uranifères dia- ou épigénétiques auxquelles des matériaux carbonés se trouvent associés.



Variation des quantités de $UO_2{}^{2+}$ et de H^+ (mole l^{-1}) en fonction de la température. (1) $UO_2{}^{2+}$ libre en solution ; (2) Uranium non réduit (= $UO_2{}^{2+}$ en sol. + $UO_2{}^{2+}$ fixée par le lignite) ; (3) H^+ libéré. Domaine hachuré : $UO_2{}^{2+}$ fixé par le lignite.

Références :

NAKASHIMA S., DISNAR J.-R., PERRUCHOT A. (1983). — Etude expérimentale des mécanismes de concentration de l'uranium par une matière organique sédimentaire dans des conditions de diagenèse croissante, premiers résultats. *C.R. Acad. Sci. Fr.* **296**, (2). pp. 1925-1928.

NAKASHIMA S., DISNAR J.-R., PERRUCHOT A. — Experimental study of mechanism of fixation and reduction of uranium by sedimentary organic matter under diagenetic low-temperature hydrothermal conditions. *Geochim. Cosmochim. Acta.*

* Centre de Recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux, G.I.S. C.N.R.S.-B.R.G.M., 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans Cedex.
** Chercheur C.N.R.S., détaché au B.R.G.M. Département gîtes minéraux.

RS. 1585

Recherche de gisements d'attapulgite dans le bassin de Saffré (Loire atlantique)

Prospection of attapulgite deposits
Saffré Basin (Loire atlantique, France)

P. LE BERRE

Une prospection préliminaire des bassins tertiaires du Massif armoricain avait été réalisée en 1981 en vue de rechercher des gisements d'attapulgite et avait permis de mettre en évidence un indice prometteur au voisinage de Puceul, dans le bassin de Saffré, situé à 40 km au Nord de Nantes.

L'étude détaillée de cet indice s'est poursuivie en 1983 dans le but de connaître la géométrie et les extensions possibles de ce dépôt d'argile à attapulgite et d'en définir la gîtologie.

Cette prospection est essentiellement motivée par le déficit de notre balance commerciale engendré par les importations de ce type d'argile (150 000 t environ représentant 90 millions de francs en 1982). En effet, la production nationale d'argiles fibreuses est très faible (1 000 t/an) et les gisements exploités (sépiolite de Salinelles, attapulgite de Mormoiron) ne permettent pas d'envisager une augmentation de cette production dans des conditions rentables. Ces argiles sont principalement utilisées comme granulés absorbants (litières animales, absorbants de sols industriels), mais aussi comme supports de pesticides et pour le forage en milieu salin.

Cette campagne de reconnaissance a été réalisée par sondages à la tarière à main (69 sondages) et à la tarière sur camion (41 sondages). Des sondages carottés (11 sondages) ont été également réalisés dans ce secteur par la société espagnole TOLSA, le plus gros producteur européen de ce type d'argile. Ces travaux ont permis de distinguer trois faciès dans la masse des argiles du Bartonien-Stampien de la bordure nord du bassin de Saffré (en partant de la base) :

- argiles inférieures bariolées, plastiques,
- argiles sableuses vertes,
- argiles supérieures vert clair.

La répartition de ces trois faciès semble guidée par un jeu de failles. Ainsi les argiles supérieures vert-clair sem-

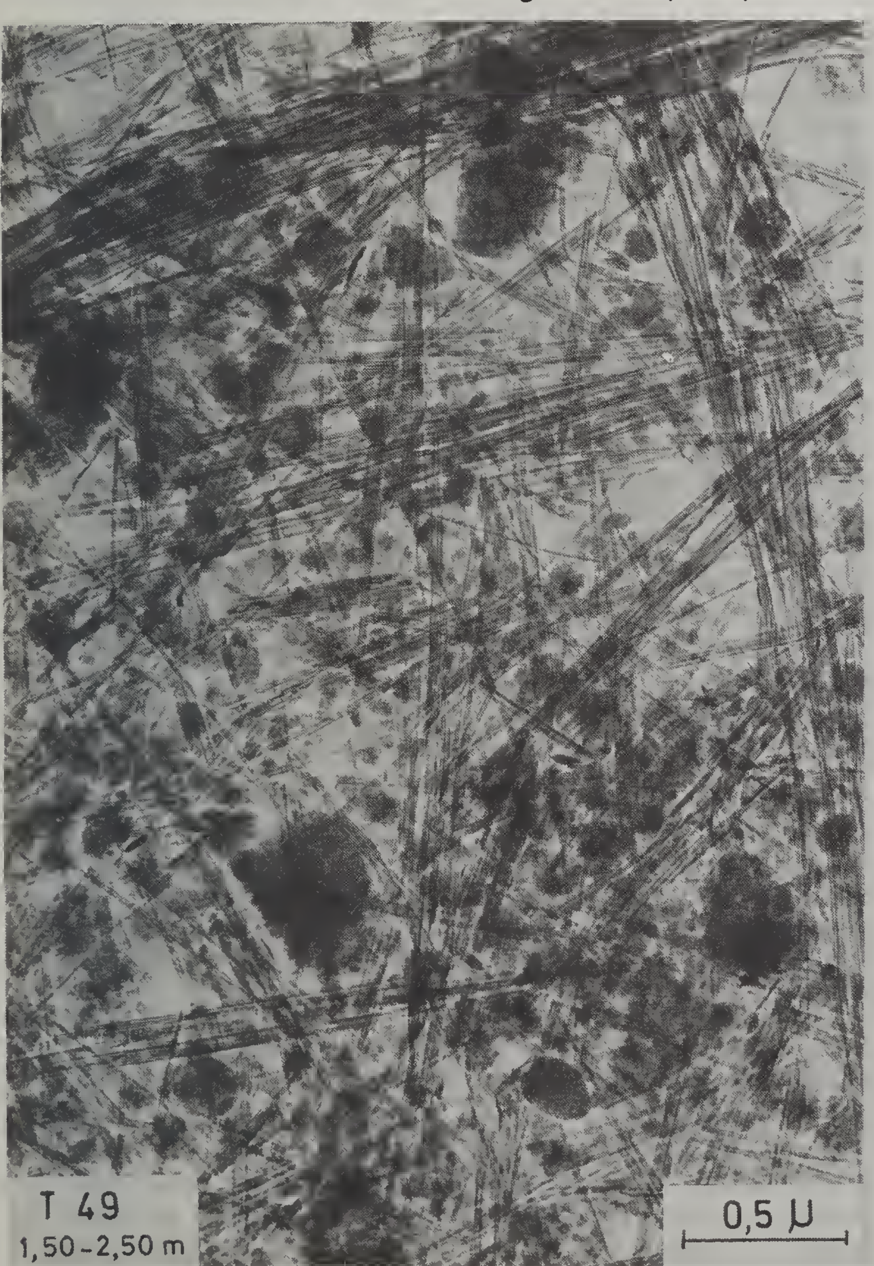


Photo 1 — Prélèvement entre 1,5 et 2,5 m de profondeur au sondage à la tarière à main T 49.
Teneur en fibres : 80 % — longueur des fibres : 1,3 µ.

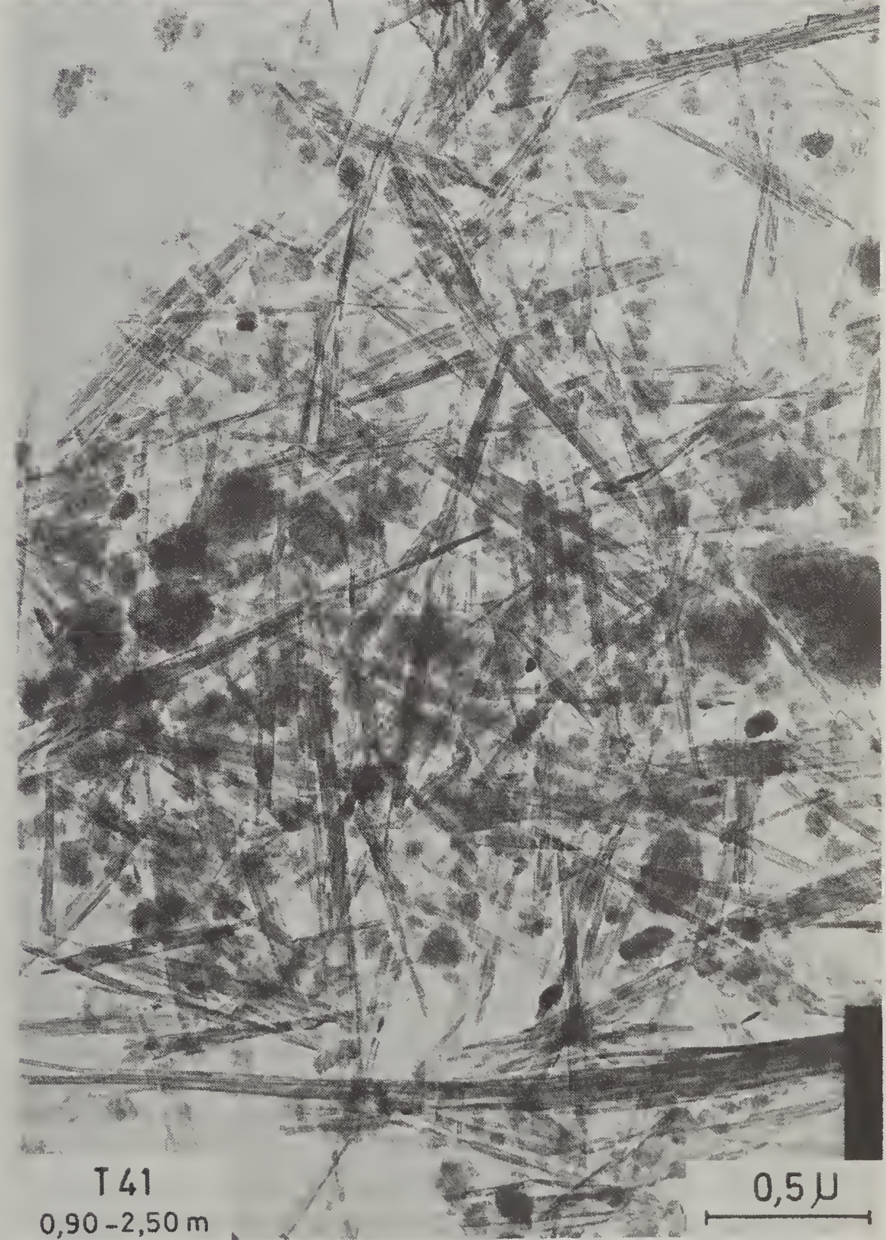


Photo 2 — Prélèvement entre 0,9 et 2,5 m de profondeur au sondage à la tarière à main T 41.
Teneur en fibres : 70 % — Longueur des fibres : 1,2 µ.

blent localisées dans de petits grabens séparés par des horsts où affleurent les argiles sableuses vertes et les argiles inférieures bariolées. Le graben le plus important est celui mis en évidence au SE de Puceul. Dans ce graben, des niveaux argileux riches en attapulgite et d'épaisseur compatible avec une exploitation (de l'ordre de 2 à 5 m) ont été repérés au Sud de la ferme de La Hubertière à la limite entre argiles sableuses et argiles supérieures vertes. Ils constituent un gisement de superficie 30 ha environ et semblent s'être développés dans un petit golfe sur la bordure nord du bassin de Saffré.

D'autres indices d'attapulgite ont été repérés dans des petits grabens situés à l'Ouest (Le Landreau) et à l'Est (Le Souchais) de cette zone de la Hubertière et mériteraient des travaux de reconnaissance complémentaires.

Ces argiles riches en attapulgite présentent une teneur moyenne en fibres de l'ordre de 70 % (*cf.* photos 1 et 2), fibres qui ont une longueur moyenne de 1 micron (entre 0,3 et 1,8 microns). Les autres minéraux présents sont l'illite sous forme de petits cristaux bien individualisés et le quartz. L'attapulgite pourrait être issue de la transformation de smectite d'origine détritique (présence de sable) dans un milieu de type préévaporitique carbonaté sous l'influence de solutions magnésiennes.

Sur le plan industriel, ces argiles à attapulgite sont susceptibles de trouver un débouché pour la fabrication de granulés absorbants. En effet, les granulés fabriqués à partir de ces argiles présentent des caractéristiques assez proches de granulés à base de sépiolite espagnole qui représentent près de 90 % de la consommation française.

	Caractéristiques des granulés			
	Coloration	Densité	Absorption d'eau	Dureté après absorption
Attapulgite de Saffré	brun-clair	0,60	75	bonne
Sépiolite espagnole	beige-clair	0,54	98	moyenne

RS. 1586

Recherche de gisements de bentonite dans le Massif central

Prospection of bentonite deposits in Massif central (France)

P. LE BERRE

La recherche menée dans le Massif central entre dans le cadre du programme pluriannuel de prospection de gisements de bentonite commencé en 1979 et intéressant l'ensemble du territoire métropolitain. Ce programme a été essentiellement motivé par le fait que les bentonites utilisées par notre industrie étaient importées à 95 %; 180 000 t/an en provenance de Grèce, d'Italie, de RFA et des USA (ces importations ont représenté en 1982 un déficit de 86 millions de francs).

Les bentonites sont des argiles essentiellement composées de smectite et sont principalement utilisées pour la confection de moules de fonderie, en forage et travaux publics, pour le bouletage de la nourriture animale et des minerais, pour le traitement des huiles, etc.

Les prospections menées depuis 1979 avaient conduit à la mise en évidence d'indices prometteurs dans certains niveaux argileux du Bassin de Paris : Cénomanien de la région de Levroux, Sparnacien de la région de Gisors, Sannoisien de la région d'Epernay (matériaux principalement utilisables en fonderie).

Les travaux réalisés dans le Massif central se sont focalisés sur deux bassins sédimentaires tertiaires :

— la plaine du Forez, dans le département de la Loire,

— le bassin du Malzieu, au Nord du département de la Lozère.

La campagne de reconnaissance a vu la réalisation de 71 sondages superficiels à la tarière à main (1 à 4 m) et de 30 sondages profonds à la tarière sur camion (10 à 25 m). Les échantillons prélevés ont été étudiés en laboratoire (teneur en sable, calcimétrie, adsorption de bleu de méthylène, analyses aux rayons X, mesures de viscosité, etc.).

Les travaux réalisés dans la plaine du Forez ont conduit à la mise en évidence d'argiles plastiques riches en smectite à l'intérieur d'une bande de 2 km de large s'étendant de Grézieux-le-Fromental à Marclopt. A l'Est d'une ligne Boisset-les-Montrond — Chalain-le-Comtal, elles sont recouvertes par les alluvions de la Loire (6 m d'épaisseur moyenne). L'épaisseur de ces argiles croît de 15 m d'épaisseur à Grézieux-le-Fromental jusqu'à 90 m à Marclopt (*cf.* fig.1). Les analyses ont montré que certains niveaux argileux développent, après activation au carbonate de sodium, une forte viscosité. Ces niveaux ont été repérés dans une bande de 500 m de large située au centre des argiles plastiques.

La prospection du bassin du Malzieu a permis de mettre en évidence un chenal étroit de 0,5 km à 1 km de large et de 6 km de long creusé dans des argiles sableuses rouges et où se sont déposées des argiles vertes riches en smectite. Ces argiles qui présentent une épaisseur de l'ordre de 25 m sont rarement pures et nous avons distingué un niveau inférieur marneux et un niveau supérieur sableux (*cf.* fig. 2). Toutefois, certains échantillons présentent après activation, une forte viscosité (échantillons prélevés entre les Merles et la Jarrige à l'Est de Saint Léger du Malzieu).

Compte tenu de cette forte viscosité, développée par certains niveaux argileux du Forez et du Malzieu, ceux-ci devraient pouvoir être exploités en vue d'une utilisation en forage et travaux publics. Mais, auparavant, des travaux de reconnaissance complémentaires, visant à définir la géométrie et l'extension des couches exploitables, devront être réalisés dans ces deux bassins.

En ce qui concerne la fonderie, l'utilisation de ces argiles en vue de la fabrication de sable de moulage semble plus difficilement envisageable. Les tests réalisés sur des sables confectionnés à partir d'argiles activées du Forez et du Malzieu montrent qu'elles engendrent une forte résistance à la compression à vert. Par contre, la résistance à haute humidité reste faible et généralement inférieure à 1 kpa malgré l'ajout de carbonate de sodium.

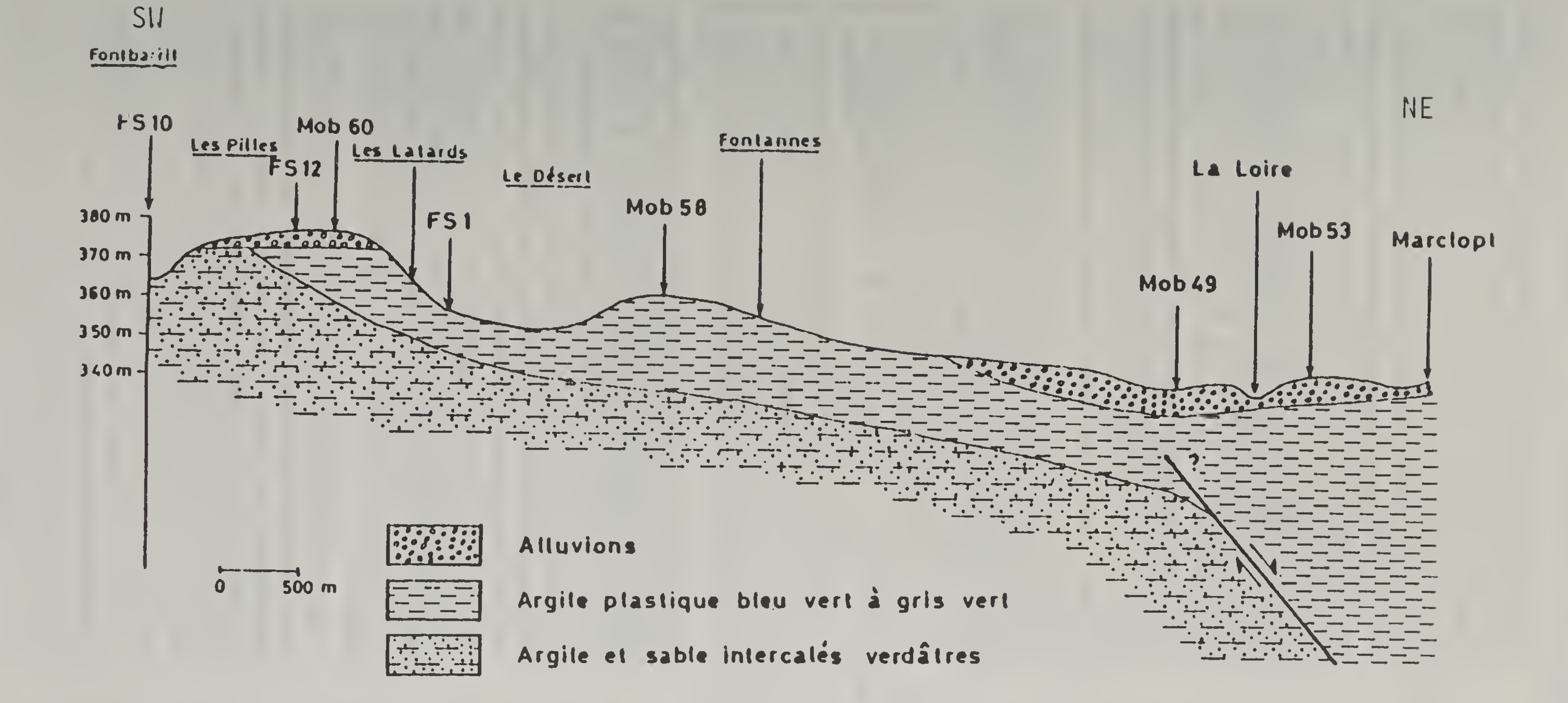


Fig. 1. — Coupe géologique dans les argiles vertes riches en smectite de la région de Grézieux-Le Formental (Plaine du Forez).

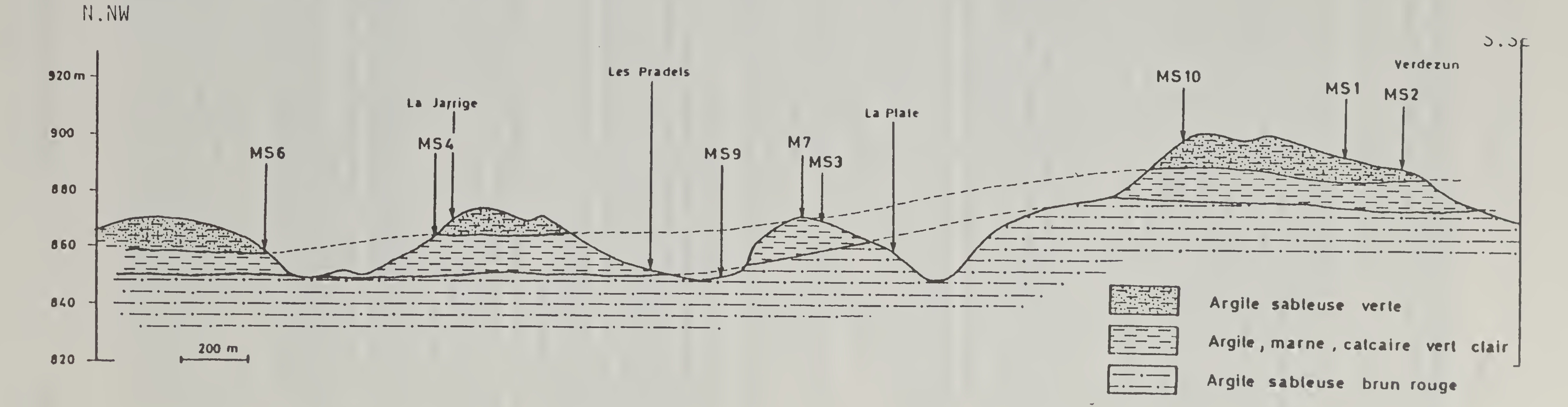


Fig. 2 — Coupe géologique dans les argiles vertes riches en smectite du bassin du Malzieu.

Possibilité d'emploi des calcaires de dureté moyenne à faible dans les bétons hydrauliques

Possibilities of the use of medium to weak hardness limestones in concretes

G. COQUILLAT *
M. DELFAU
R. LESAGE **

Jusqu'à ces dernières années, l'approvisionnement en granulats n'avait guère posé de problèmes dans la plupart des régions de France. Depuis, plusieurs facteurs ont fait évoluer cette situation qui, localement, est devenue préoccupante. Le plus important de ces facteurs est la raréfaction autour des grands pôles de consommation des matériaux traditionnels utilisés dans la confection des bétons de bâtiment et d'ouvrages d'art, c'est-à-dire les sables et graviers alluvionnaires.

Par ailleurs, le souci de limiter la progression des coûts globaux de la construction rend de plus en plus actuel l'idée de valoriser l'emploi des matériaux locaux ne serait-ce qu'à cause du coût des transports. Or la France est riche en calcaires de dureté moyenne, notamment dans les régions où les problèmes d'approvisionnement sont les plus cruciaux (Ile-de-France, Sud-Ouest, Val de Loire).

Cependant les bétonniers sont réticents à utiliser des granulats concassés qui posent, il est vrai, plusieurs problèmes technologiques.

Ces problèmes sont principalement liés, soit aux caractéristiques dépendant des conditions d'élaboration des granulats, soit aux propriétés de la roche proprement dite.

C'est pour tenter de lever ces appréhensions et résoudre les problèmes techniques que les utilisateurs, aussi bien bâtiment (C.E.B.T.P.) qu'ouvrages d'art (L.C.P.C.) ont entrepris avec le concours du B.R.G.M. et avec l'appui financier de la Taxe parafiscale sur les granulats (29 EG 67) une étude sur les possibilités d'emploi des calcaires de dureté moyenne à faible dans les bétons hydrauliques.

Tous les matériaux réellement utilisés ont été préparés en granulats 5/20 dans une installation unique et ont fait l'objet d'une identification complète par le B.R.G.M. (pétrographie en lame mince, essais physiques et mécaniques, etc.).

Le C.E.B.T.P. et le L.C.P.C., ont étudié chacun un type de béton correspondant à leur domaine d'activité principal respectif c'est-à-dire :

Opérateur	Type de béton	Nature du ciment	Dosage en ciment (kg/m^3)	Affaissement au cône (cm)
C.E.B.T.P.	Bâtiment	CPA 45	320	10
L.C.P.C.	Ouvrage d'art	CPA HP	400	5

L'étude a été divisée en deux phases :

a) Dans une première étape, l'expérimentation a porté sur deux granulats de calcaire (A et B) mi-durs dont les valeurs de porosité et de cœfficient Los Angeles sont à la limite des tolérances actuelles des normes en vigueur. Elle avait pour but d'étudier l'influence sur bétons frais et durcis de la teneur en élément 0/500 µm, provenant uniquement des granulats 5/20.

Il apparaît que :

— La présence éventuelle d'éléments fins 0/500 µm même en quantité élevée (15 %) ne conduit pas à des chutes importantes de performance des bétons, aussi bien pour les bétons de bâtiment que pour les bétons d'ouvrages d'art.

— Le niveau de performance des bétons confectionnés avec des granulats de calcaire concassé dont le coefficient Los Angeles proche de 30 est avantageusement comparable à celui des bétons confectionnés avec des silico-calcaires alluvionnaires classiques.

b) La seconde phase de l'étude va porter sur l'influence directe de la nature du calcaire sur les caractéristiques et le comportement des bétons hydrauliques. Elle a été réalisée à teneurs en éléments 0/500 µm (apportés par les granulats calcaires) constantes et égales à 10 % pour 8 calcaires provenant de plusieurs régions.

Il apparaît que les écarts de résistance entre les bétons semblent plus liés à la nature et au dosage du ciment qu'à la « dureté » des granulats.

Les éléments fins éventuellement produits par les manutentions des granulats 5/20 ne conduisent ni à des évolutions de bétons frais notablement différentes de celles des bétons classiques, ni à des pertes de résistances sensibles.

Les caractéristiques mécaniques des roches calcaires ne semblent pas influencer notablement celles des bétons de bâtiments ou d'ouvrages d'art. La nature, le dosage du ciment et la consistance, l'ajout initial d'un entraîneur d'air sont des paramètres beaucoup plus importants.

* C.E.B.T.P. - Etudes des matériaux, St Rémy-les-Chevreuses
** Matériaux et structures, Paris.

Eau

RS. 1588

Les ressources en eau des milieux rocheux fissurés

Water resources in porous fractured mass

T. POINTET

L'expérience nous a appris petit à petit à mieux implanter les forages et à augmenter les chances de succès de leur réalisation. Un plus grand nombre de forages, exploitant des débits eux-mêmes en progression, sont donc susceptibles d'entamer des réserves mal connues. C'est pourquoi on est conduit à se préoccuper de la pérennité des débits exhaurés d'aquifères fissurés.

Notion de ressource en eau

La sécurité de l'exploitation implique la notion d'une ressource qui évolue sous l'effet de causes naturelles et aussi sous l'effet des prélèvements. Cette évolution se manifeste de façon immédiate par des variations des niveaux d'eau dans les forages, témoins principaux, sinon exclusifs de ces milieux. Cette eau est un bien essentiel et toute baisse durable d'un niveau constitue un indicateur d'insécurité.

La pérennité des débits se traduit par une question posée en ces termes : *« Quelle ressource peut-on associer à un forage ou un groupe de forages ? Comment peut-on le gérer pour qu'elle assure la sécurité de l'approvisionnement ? »*

Un débit a la dimension d'un volume divisé par un temps ($L^3 T^{-1}$), aussi la base de toute évaluation chiffrée comporte la définition d'une échelle spatiale : quel est le volume de terrain qui est intéressé par le forage que l'on exploite ; quelle est son architecture, son fonctionnement hydraulique, où est-il alimenté ? L'échelle de temps intervient au niveau du cycle annuel ou de la série d'années qui comprend une succession d'années sèches et d'années humides, afin que l'on puisse garantir l'exploitation par-delà la saison sèche d'une année incluse dans une « série sèche ».

Fonction conductrice et fonction capacitive

Tout milieu aquifère assure deux fonctions : par sa porosité, il permet le stockage de l'eau qui le pénètre. Plus cette porosité est élevée, plus le stockage d'eau par unité de volume de roche est important. Mais pour que ce stock se constitue et soit mobilisable, il faut également que le milieu soit perméable, c'est-à-dire qu'il ait une fonction conductrice.

En milieu fissuré, les deux fonctions conductrice et capacitive sont assurées à divers degrés, simultanément ou séparément par les fissures ou fractures, la porosité matricielle de la roche étant souvent négligeable.

Porosité et fonction capacitive

La porosité en tant qu'indice global du massif rocheux, et de la même façon, le coefficient d'emmagasinement en tant que caractéristique volumique du milieu aquifère, ont des valeurs généralement très faibles qui, mesurées sur des ensembles rocheux, sont comprises entre 0,2 et 1,8 %.

Perméabilité et fonction conductrice

C'est la (ou les) famille(s) de fractures ouvertes qui permet(tent) la circulation de l'eau. Ces familles ont entre elles divers degrés de connexion et sont à leur tour reliées par le jeu des fissures et des micro-fissures, aux sous-systèmes capacitifs qui sont des volumes de roche.

Le mode d'exploitation de l'eau par puits ou forage souligne cette nature discontinue du milieu fracturé et conduit à considérer une perméabilité qui n'est pas indépendante du choix du point où s'effectue la mesure.

Calcul de la ressource globale d'un bassin

Trois façons de concevoir la ressource d'un système consistent à considérer :

- *L'eau qui entre dans le système ;* il s'agit de mesurer une pluie, d'estimer une pluie efficace puis d'en déduire l'infiltration.

Si l'on examine la plupart des climats à l'exception des véritables déserts, les infiltrations sont comprises entre 50 et 500 millimètres, c'est-à-dire échelonnées sur une puissance de 10. En première approche, il est relativement facile, en apprenant à connaître le milieu, de réduire l'incertitude à 50 % de l'évaluation ;

- *La quantité d'eau contenue dans le système* s'estime soit en chiffrant la porosité efficace de la roche, soit en testant le système pour mesurer un emmagasinement donc un volume d'eau libérable (par essai hydraulique et plus généralement par pompage) ;
- *l'eau sortant du système* est quantifiée en mesurant un volume sortant si l'on a identifié et équipé des exutoires ; cette évaluation peut être réalisée aussi en testant un comportement global, par exemple par l'analyse des hydrogrammes enregistrés sur les émissaires d'un bassin versant hydrogéologiquement homogène assimilable au système.

La ressource associée à un ouvrage : possibilités et limitations de l'exploitation *(en milieu fissuré « strict », c'est-à-dire sans aquifère dans la couverture d'altérites)*

D'une manière pratique, à chaque fonction (conduction ou capacité) va s'attacher un effet de limite sur le débit exploitable de l'ouvrage. La première limite atteinte sera celle qu'il conviendra de prendre en compte pour ajuster l'exploitation ; elle aura pour origine la conductivité à la périphérie de l'ouvrage, c'est-à-dire l'intersection de celui-

ci par des fissures en nombre et ouverture suffisants. L'autre limite traduira la capacité de drainage du volume rocheux utile c'est-à-dire intéressé par l'ouvrage. De par la nature même du milieu rocheux cristallin fracturé, ce volume est le plus souvent complexe et géométriquement borné, sans pour autant que l'on ait un accès direct à la connaissance de la localisation de ses frontières. Il s'agira alors d'un réel problème de détermination de la ressource exploitable, sachant que la zone d'influence d'un pompage se développe selon une configuration complexe, assemblage de compartiments. En effet, l'ensemble de ces compartiments, influencés à un moment donné par un pompage en régime transitoire s'inscrit à l'intérieur d'un volume-enveloppe, néanmoins cette influence, ne gagne pas la totalité du volume de cette enveloppe et l'exploitation ne parvient pas à mobiliser toute l'eau théoriquement présente.

Plus la ressource est maigre, plus il importe de la chiffrer : les moyens financiers ne doivent donc pas être strictement limités à un pourcentage arbitraire et constant du coût des équipements de fonctionnement.

A défaut, il conviendrait d'admettre une garantie du débit d'exploitation à une incertitude près. Cette façon de voir est pratiquement la définition d'un coefficient de sécurité de l'exploitation établi sur le volume concerné par l'étude de reconnaissance du milieu, et par conséquent d'autant plus élevé que les moyens techniques dont on se sera doté, auront été adaptés à l'objectif.

RS. 1589

Réalisation d'une chaîne de programmes couplés hydro-mécaniques en milieu rocheux fracturé avec fractures individualisées

Validation of a computer code for the coupled simulation of flow and mechanics of a fractured rock mass with individualized fractures

M.-L. NOYER
B. FEUGA

Cette chaîne calcule l'état de contraintes régnant dans un milieu fracturé avec fractures individualisées et les potentiels et flux hydrauliques résultant de la circulation d'eau dans ces fractures.

Elle comporte trois programmes : Prélude, Fissure et Stre.

Prélude et Fissure sont de nouveaux modèles.

Le programme Fissure permet de calculer les pressions d'eau et les forces hydrauliques, aux nœuds d'un réseau maillé constitué de fractures recoupant une matrice rocheuse imperméable. Ces pressions d'eau sont fonction de la conductivité hydraulique de chaque fracture, elle-même liée à l'état de contrainte régnant dans le massif rocheux.

Cet état de contraintes est calculé par Stre, programme préexistant dans lequel la matrice rocheuse est considérée comme élastique et les fractures sont représentées par des joints élastoplastiques.

Les réseaux d'éléments discrétisés de Stre et Fissure sont différents et respectivement définis en fonction des critères propres au calcul des contraintes et au calcul des écoulements. Le programme Prélude assure la liaison entre ces deux programmes.

Les simulations sont effectuées en régime permanent et à deux dimensions par bouclage entre les 2 modèles hydraulique et mécanique jusqu'à convergence du processus.

Référence :

NOYER M.-L. et FEUGA B. (1983). — Rapport B.R.G.M. 83 SGN 107 GEG.

RS. 1590

Mise au point d'une chaîne de programmes couplés pour simuler le comportement hydro-thermo-mécanique d'un milieu rocheux fracturé représenté par un milieu continu équivalent

Validation of a computer code for the coupled simulation of thermal, mechanical and flow behavior of a fractured rock mass considered as an equivalent continuum

M.-L. NOYER
D. BILLAUX
B. FEUGA
M. RECAN
J.-P. SAUTY

Cette chaîne a été réalisée à partir de modèles préexistants effectuant chacun une étape du calcul.

L'étude a consisté dans l'adaptation des programmes, l'écriture de modules de liaison, l'automatisation du transfert des fichiers de données entre les programmes de calcul.

Dans l'état actuel de la chaîne, les phénomènes pris en compte sont les suivants :

1) Influence des forces d'écoulement sur l'état des contraintes mécaniques.

2) Variation des perméabilités avec l'évolution des contraintes (déformation des fractures).

3) Influence de la température sur l'état des contraintes.

4) Transfert de chaleur par convection et conduction dans la matrice rocheuse.

Les étapes principales du calcul sont réalisées par 3 modèles aux éléments finis :

— Mefisto pour le transfert de chaleur,

— Elfestre pour le calcul hydraulique,

— Stre pour le calcul mécanique.

Les simulations hydraulique et mécanique sont effectuées en régime permanent, les simulations thermiques en régime permanent ou transitoire.

RS. 1591

Micro-informatique de terrain appliquée à l'hydraulique villageoise. La chaîne HIVI

Field data processing using mini-computers applied to village water supply. The Hivi system

P. CROCHET

Les importantes campagnes de forage entreprises sur le continent africain se traduisent par une prolifération de données qui ne sont pas toujours exploitées de façon optimale sur le terrain. Le caractère répétitif du traitement de ces informations a incité le B.R.G.M. à mettre en œuvre des techniques informatiques de terrain aptes d'une part à faciliter le travail de l'hydrogéologue et d'autre part à permettre une meilleure synthèse de l'aspect scientifique des campagnes de forage. C'est dans cette optique qu'une procédure de saisie et de traitement de données, concernant les ouvrages d'hydraulique villageoise, a récemment été développée.

La configuration de base du matériel utilisé se compose d'un ordinateur portable Hewlett Packard 75 C (mémoire centrale étendue à 24 K) associé à une unité cassette digitale et une imprimante 80 colonnes. L'ordinateur et l'unité cassette fonctionnent sur batterie, et sont donc utilisables sur le terrain sans alimentation électrique extérieure.

Pour chaque ouvrage d'hydraulique villageoise, les informations à saisir sont nombreuses et diverses : descriptif du projet, renseignements administratifs et géographiques, compte rendu de travaux, équipement de l'ouvrage, description géologique, données hydrodynamiques, mesures physiques et chimiques, équipement d'exhaure, critères d'implantation, opérations effectuées, etc.

Jusquà présent, ces informations étaient consignées sur des fiches que l'ingénieur devait remplir quotidiennement. Cette acquisition manuelle constituait une tâche d'autant plus fastidieuse que les données devaient généralement être reportées sur plusieurs documents différents. La micro-informatique permet de répondre à un besoin très pressant dans ce domaine en assurant une acquisition unique des données et leur sauvegarde sur un support magnétique.

L'utilisation des logiciels ne nécessite pas de connaissances particulières en informatique. Grâce à l'adoption du mode conversationnel, les opérations se réduisent à un échange entre l'ordinateur qui pose les questions en clair et l'opérateur qui doit y répondre simplement. Le temps d'adaptation est par conséquent réduit à son minimum.

Plusieurs programmes permettent ensuite :

— soit la restitution d'une partie ou de l'ensemble de ces données sur différents types de fiches normalisées inclues directement dans les fiches-village ;

— soit l'impression de variables spécifiques à caractère scientifique ;

— soit une facturation automatique des campagnes à partir d'un fichier comprenant les prix unitaires.

Les possibilités de la chaîne HIVI peuvent être accrues en adjoignant à la configuration de base une table traçante qui permet la restitution automatique de graphiques, tels que le report automatique des points de mesure de pompages d'essai, le tracé de diagrammes de type Schœller-Berkaloff, ou celui des coupes techniques et géologiques des forages.

Les différentes données stockées sur micro-cassettes peuvent être transférées de l'HP 75 vers d'autres ordinateurs plus puissants à l'aide d'une interface appropriée, ce qui permet le recours à des traitements plus sophistiqués (traitements statistiques) mais surtout de travailler indifféremment sur les données issues de différentes campagnes de terrain.

On aboutit ainsi à une meilleure connaissance des milieux naturels et une meilleure définition des sites favorables et des techniques de prospection.

RS. 1592

Les comptes des eaux continentales (en quantité) : une première contribution à l'extension à l'eau des « comptes du patrimoine naturel »

Calculation of the continental waters (in quantity) : a first contribution to the water area of the « natural heritage accounts »

J. MARGAT

L'établissement de *comptes du patrimoine naturel,* à l'initiative et sous l'impulsion d'une Commission interministérielle *ad hoc *,* a eu pour première finalité d'élargir le champ de la comptabilité nationale économique aux éléments du milieu naturel — ou « biens d'environnement » — transformés ou consommés par les activités économiques mais non évaluables en unités monétaires : il s'agissait d'identifier et d'évaluer les effets négatifs de la croissance économique sur des biens dont la « valeur » n'était pas prise en compte ou l'était seulement par une « valeur marchande » souvent sans rapport avec leur valeur écologique. Aussi, ces effets étaient-ils négligés alors qu'ils étaient indissociables des productions que l'utilisation de biens naturels en partie non renouvelables permettaient et qui étaient dûment comptabilisées.

Dès les prémisses des démarches engagées dans cette optique, *l'eau* a figuré parmi les objets à « prendre en compte » en priorité, en tant qu'élément primordial du milieu naturel à fonctions multiples tant pour différents écosystèmes que pour les activités humaines qui l'utilisent comme ressource ou la maîtrisent pour s'en protéger. En ordre plus ou moins dispersé et à des échelles variées, l'eau avait d'ailleurs fait l'objet de diverses approches comptables, souvent classiques, mais séparées : descriptions quantifiées du cycle de l'eau ou d'utilisations d'eau, ou encore comparaisons de ressources et de demandes en eau présentes ou prospectives...

Pour s'accorder plus spécifiquement à l'optique de la comptabilité patrimoniale du milieu naturel, qui se propose de faire apparaître, de quantifier et de permettre l'analyse des changements d'état du milieu — notamment en tant qu'impacts des activités humaines —, on s'est efforcé pour ce qui concerne l'eau de concevoir une structure comptable à plusieurs niveaux et dimensions afin de prendre en considération à la fois les structures, les stocks et les flux, les facteurs d'accessibilité et de qualité, les variables conjoncturelles et tendancielles.

Ce faisant, on n'entend pas privilégier l'expression comptable par rapport aux autres formes de description d'état et de variations continues dans l'espace et dans le temps : les comptes ont surtout pour intérêt de contraindre à une cohérence des différents résultats de chiffrage qu'ils assemblent, mais ils ne permettent qu'une analyse globale de ces résultats relatifs à un champ et à une durée de référence définis.

En une première étape, à l'incitation de la C.I.C.P.N. et du secrétariat d'État chargé de l'Environnement et de la Qualité de la vie, on s'est consacré en priorité à l'élaboration d'un plan comptable en quantité visant à mettre en correspondance les structures du milieu naturel relatives à l'eau et les structures économiques d'utilisation (catégories d'agents différenciées par la comptabilité nationale), en se basant sur une analyse structurale des deux systèmes en connexion : système de ressource et système d'utilisation. Le *compte central* des eaux continentales établi, qui permet d'analyser les opérations de passage d'un état initial à un état final — en référence à une durée et à un champ spatial quelconques —, se relie par plusieurs comptes de liaison à un *compte d'agents,* lui-même reliable à des comptes financiers macro-économiques.

Une expérience d'application à un ensemble de bassins hydrographiques enveloppant le département du Calvados, pour les années 1971 et 1981, a été engagée en 1983 et sera achevée en 1984. Elle doit permettre d'éprouver, à la fois la possibilité pratique d'établir des comptes annuels pour de petites unités (ordre de 500 km²) sur la base des données disponibles, la validité et la signification de ces comptes, et enfin leur portée utile. Par ailleurs l'extension aux autres dimensions des comptes des eaux continentales — structures, utilisations in situ, qualité des eaux — est en cours en 1984.

Référence :

MARGAT J. — « Compte des eaux continentales - Nomenclature, organisation et mode d'emploi des tableaux comptables (quantité) ». Rapport B.R.G.M. 83 SGN 754 EAU, 53 p., annexe, octobre 1983.

* Commission interministérielle des comptes du patrimoine naturel constituée en 1978 sur décision du Comité interministériel d'action pour la nature et l'environnement (C.I.A.N.E.), et présidée par M. R. Toulemon.

RS. 1593

Soutien des débits d'étiage de la Meuse pour la centrale nucléaire de Chooz

Flow rate control on river Meuse for the nuclear power plant of Chooz

T. POINTET
J. RICOUR

La construction des nouvelles tranches de la centrale nucléaire de Chooz impliquera le prélèvement en Meuse d'un débit qui sera partiellement évaporé et partiellement rejeté, mais à une température relevée de quelques degrés.

Le prélèvement pur et simple risque d'être doublement

préjudiciable à l'étiage du cours d'eau, d'une part en l'accentuant — problème de débit —, d'autre part en diminuant l'effet de dilution des eaux chaudes et le contrôle de la température de l'eau à l'aval de la centrale — problème du contrôle thermique —, qui retentit sur l'écologie fluviale.

Une des solutions-remède envisagées consiste à compenser les étiages de la Meuse par apport d'eau souterraine obtenue par pompage dans l'aquifère argovo-rauracien situé dans la région de Verdun. Le principe du dispositif imaginé constitue un drainage temporairement accéléré de l'aquifère, dont la condition aval est, par nature, la Meuse.

Le but de l'étude qui a été confiée au B.R.G.M. est d'apprécier la faisabilité de cette solution et en particulier l'aptitude de l'aquifère à compenser naturellement le prélèvement si possible dans l'année qui suit la période d'exploitation qui n'excède pas quelques mois. D'autre part, il conviendra de chiffrer le rendement de l'opération. En effet, les pompages seraient implantés au cœur d'un grand méandre de la Meuse ; or, la nappe des calcaires est par endroits en contact direct avec le fleuve, sans niveau d'alluvions, faisant craindre une réalimentation par les eaux de surface et par conséquent un recyclage trop rapide de l'eau qui ferait perdre tout ou partie de l'efficacité du dispositif.

La solution proposée vient d'être testée à l'aide d'un modèle mathématique de simulation hydrodynamique multicouche.

Un dispositif supposant l'exécution d'un certain nombre de forages répartis sur quatre mailles groupées du modèle est exploité selon six hypothèses de fonctionnement :

- construction de la centrale :
  - 2 tranches,
  - 4 tranches,
- seuils de compensation en Meuse :
  - 17 m³/s,
  - 20 m³/s,
  - 23 m³/s.

Ces six tests, complétés par une simulation de référence (nappe non influencée), sont appliqués au pas de temps mensuel sur la période 1951-1981 (soit 372 pas de temps) qui constitue un échantillon représentatif des situations que l'on serait appelé à rencontrer : en termes de pluie, cette période comprend une année décennale sèche et une année trentennale sèche.

Les résultats sont essentiellement présentés sous forme de « suivis piézométriques » simulés pour différentes mailles très caractéristiques et pour les six hypothèses, ainsi que sous la forme des chroniques des débits échangés entre la Meuse et l'aquifère et des débits pompés. On aboutit ainsi au calcul du rendement mensuel R du dispositif pendant les périodes de fonctionnement :

$$R = \frac{(\text{total des débits pompés}) - (\text{accroissement de l'échange Meuse} \rightarrow \text{nappe})}{(\text{total des débits pompés})}$$

Les simulations correspondant aux six hypothèses de compensation se traduisent par des effets progressivement accentués en rapport avec les débits pompés. Les traits essentiels de ces résultats sont les suivants :

— Une disponibilité de la totalité des débits jusqu'à un pompage global de 2 000 l/s pour la configuration des mailles pompées que nous avons testée. Au-delà, ces débits sont laminés, au moins sur l'un des puits qui accuse un dénoyage pour les années de forte sollicitation. Rappelons à ce sujet que la ressource annuelle totale de la nappe dans la zone intéressée est en année moyenne de 17,3 millions de mètres cubes environ.

— Une extension modérée de la zone d'influence du dispositif vers le sud, qui se révèle facilement contrôlable. La ville de Verdun et ses environs sont en dehors de cette zone d'influence.

— Une récupération systématique de la nappe dans l'année qui suit la sollicitation.

— Les rendements R évoluent en phase de pompage de la façon suivante :

- valeur systématique de R compris entre 89 à 91 % le premier mois ;
- décroissance modérée tant que le débit de pompage croît ;
- en raison d'un effet de post-production de la nappe, si, en fin de période de pompage, on réduit progressivement le débit jusqu'à zéro, comme l'imposerait la remontée naturelle et progressive des débits de la Meuse, les rendements deviennent dérisoires. Ceci implique paradoxalement pour ces fins de périodes, un pompage à débit supérieur au strict besoin calculé, afin de conserver un rendement satisfaisant ;
- par la suite, lorsque le débit de la Meuse dépasse la valeur du seuil, on laisse l'infiltration participer à la compensation du rabattement provoqué en nappe.

Ce dispositif s'avère efficace et très souple de mise en service, et par là-même très adapté à une compensation progressive sur des débits naturels à évolution lente.

RS. 1594

L'alimentation en eau potable de la métropole du Nord (Nord)

Drinking water supply of the metropolis of the Nord department (France)

J. BECKELYNCK
M. BESBES *
P. COMBES **
P. HUBERT **
G. de MARSILY **
A. TALBOT

La métropole lilloise est alimentée en eau potable à partir de la nappe de la Craie et de celle du Calcaire carbonifère, mais aussi à partir d'eaux superficielles de la haute et moyenne Lys. Face à une demande en eau qui évolue de façon assez régulière avec un taux de croissance de 1,2 % l'an, il convient de s'interroger sur la façon d'utili-

ser et éventuellement de modifier ce système de ressources afin de garantir avec une fiabilité suffisante et un coût acceptable la sécurité des approvisionnements durant les deux prochaines décennies.

C'est précisément pour répondre à cette question que la Société d'eau de la métropole du Nord a engagé avec l'aide de l'Agence de l'eau Artois-Picardie une étude en vue de proposer les modalités d'exploitation des différentes ressources. Cette étude, menée conjointement par l'Association ARMINES et par le B.R.G.M. - Service géologique régional Pas-de-Calais, a d'abord été axée sur la nappe du Calcaire carbonifère puis a intégré par la suite l'ensemble des ressources.

La mise en œuvre d'un modèle de simulation des aquifères et d'un modèle de sélection utilisant la programmation dynamique a permis de proposer un schéma global de gestion des ressources en eaux minimisant le coût de l'eau mise en distribution dans la communauté urbaine de Lille. Ce schéma tient compte des contraintes techniques de fonctionnement de chacune des ressources et aussi de la variabilité annuelle de la recharge des nappes et du débit de la Lys.

Références :

BESBES M. et TALBOT A. (1983). — L'alimentation en eau potable de la métropole du Nord. Rapport de synthèse. Rapp. E.N.S.M.P./B.R.G.M. 83 SGN 589 NPC.

BECKELYNCK J., BESBES M., COMBES P., HUBERT P., MARSILY G. (de), TALBOT A. (1984). — Pour une gestion intégrée des ressources en eau souterraine et superficielle : le cas de l'alimentation en eau potable de la métropole lilloise (Nord, France). *Hydrogéologie-Géologie de l'ingénieur* (à paraître).

* École Nationale d'Ingénieur de Tunis. Le Belvédère Tunis.

** Ecole nationale supérieure des mines de Paris, 35, rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau.

RS. 1595

Étude géophysique et hydrogéologique des formations alluviales de l'Allier dans la région de Billy-Marcenat (Allier)

Geophysical and hydrogeologic study of the River Allier alluvial deposits in the Billy-Marcenat area (Allier)

D. d'ARCY

L'étude s'est faite en deux temps :

1) Examen des possibilités du champ captant du Syndicat d'alimentation en eau potable du val d'Allier, comportant 15 puits maçonnés, échelonnés sur la rive gauche de la rivière.

Les pompages d'essai n'ont pas laissé l'espoir d'une amélioration de la production globale par des techniques simples de rajeunissement des ouvrages ou l'amélioration du procédé de pompage.

2) L'exploration de la plaine alluviale de l'Allier a été entreprise sur environ 1 300 hectares, mais les zones de prospection géophysique ont été plus restreintes affectant seulement la rive gauche sur 240 hectares, et représentant six profils de 41 sondages électriques.

Un réseau piézométrique de 49 points (puits, forages et piézomètres) a été utilisé par ailleurs.

Enfin, des pompages rapides sur pointes Johnson ont été exécutés en six endroits implantés d'après les résultats de la prospection géophysique.

Cette deuxième étude a permis, en superposant cartes d'isorésistivité électrique, tracés des hydro-isohypses de la nappe et courbes isobathes du toit du substratum marneux, de mettre en évidence la zone où l'aquifère apparaît le plus favorable à l'implantation par le Syndicat de nouveaux forages de reconnaissance. Quatre emplacements ont été retenus, dans un secteur de piémont formant un chenal allongé, où se rencontrent les plus fortes épaisseurs d'alluvions mouillées, la circulation la plus large associée à une bonne perméabilité, et l'emmagasinement le plus élevé.

Il est à noter que cette étude montre, dans la largeur de la plaine alluviale, la présence de chenaux primitifs de la rivière ayant conservé un maximum d'épaisseur des dépôts, et jouant toujours le rôle de drains préférentiels pour l'écoulement de la nappe ; ceci au détriment du sous-écoulement de l'Allier, dont le cours actuel non stabilisé, ne correspond pas forcément aux zones de sédimentation les plus importantes.

Ce résultat a été également observé dans la plaine d'Allier au droit de Paray-sous-Briailles (7 km en aval de Marcenat) et dans le Puy-de-Dôme, au droit de Pont-du-Château, près de Clermont-Ferrand, donc très en amont. Il semble d'ores et déjà que la plaine d'Allier, de Brioude jusqu'au confluent de Nevers, soit très souvent sujette à de telles variations, qui ne conduisent pas forcément à rechercher les meilleurs aquifères à proximité immédiate du cours actuel de la rivière.

Références :

ARCY D. (de), BILLET C., JEAMBRUN M., BELKESSA R., ROUZAIRE D. (1983). — Étude du champ captant pour l'alimentation du S.I.A.E.P. du val d'Allier. Études géophysique et hydrogéologique des formations alluviales de l'Allier dans la région de Billy et Marcenat (Allier). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 846 AUV.

BOIS J., ARCY D. (de), FARIGOULE Y., MISHELLANY A. (1982). — Étude préalable à l'établissement d'un schéma d'exploitation coordonné des carrières dans la région de Pont-du-Château et des Martres-d'Artière (Puy-de-Dôme). Rapport B.R.G.M. 82 SGN 839 AUV.

ARCY D. (de), BILLET C., JEAMBRUN M. (1981). — Étude hydrogéologique et géophysique des formations alluviales de l'Allier dans la région de Paray-sous-Briailles. Rapport B.R.G.M. 81 SGN 634 AUV.

RS. 1596

Schéma d'aménagement du val d'Allier entre Vieille-Brioude et Brassac-les-Mines

Development plan for the Allier valley between Vieille-Brioude et Brassac-les-Mines

D. d'ARCY

L'étude intéresse la plaine alluviale de l'Allier entre le pont de Vieille-Brioude (Haute-Loire) à l'amont et le pont de Jumeaux (Puy-de-Dôme) à l'aval. La superficie concernée représente 45 km², le haut bassin versant étant de 3 000 km².

Les alluvions de l'Allier ont recouvert, dans l'axe d'un graben d'effondrement, les formations stampiennes sous-jacentes. L'épaisseur des dépôts est en moyenne de 8 à 12 m, dont 5 m d'épaisseur mouillée.

La plaine de Brioude est de plus l'objet d'une importante activité d'extraction de sables et graviers : 335 000 t ont été extraites en 1980 dont 30 % ont été exportés représentant une surface consommée de 56 000 m². Le territoire connaît par ailleurs d'importantes contraintes d'urbanisme, d'environnement et de maintenance écologique.

L'ensemble du dispositif alluvial que représente la zone axiale suivie par le cours de l'Allier et la première terrasse récente, se comporte comme un réservoir aquifère relativement homogène. L'Allier, en période de hautes et de moyennes eaux, semble drainer normalement sa nappe, celle-ci apparaissant relativement stabilisée depuis 1975. Auparavant, la ligne d'eau moyenne de la rivière avait baissé au moins par endroit, entraînant une chute plus ou moins localisée du niveau piézométrique.

Les limites de zones inondables sont variables, elles dépendent de l'importance des crues souvent brutales, mais aussi de leur localisation par rapport aux digues de protection assez fréquemment interposées, ainsi que vis-à-vis des secteurs où l'abaissement par places du lit mineur est souvent dû aux excès des prélèvements en granulats. Deux seuils artificiels existent, avec par endroits une évolution du lit importante allant jusqu'au rescindement des méandres. La pente du lit apparaît variable et la longueur elle-même du linéaire s'est accrue de 22 % en 80 ans.

Face à cette situation, la question de l'exploitation à terme des granulats d'alluvions reste posée : le tonnage encore autorisé correspondrait à 3 à 4 années d'exploitation au rythme actuel.

Les gisements en terrasses que l'on pourrait encore ouvrir sont grevés de multiples contraintes, dont au premier chef, la valeur agricole des terres ; mais aussi des contraintes hydrauliques, des contraintes écologiques, de sites et d'environnement.

Toutes ces données sont reportées en détail sur une carte spécialement conçue à 1/5 000.

En conclusion sont esquissées les orientations à envisager pour tenter de trouver un compromis, ménageant tous les intérêts exprimés.

Référence :

ARCY D. (d'), LIVET M., MISHELLANY A., FARIGOULE Y. (1984). — Étude schématique du val d'Allier entre Vieille-Brioude (Haute-Loire) et Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme). Opération TPG - 27.43.5. Rapport B.R.G.M. 84 SGN 004 AUV - LRE HS 80-624.

RS. 1597

Comportement hydrogéologique d'une tourbière

Hydrogeologic behaviour of a peat-bog

D. d'ARCY

Le problème posé était de mieux connaître le comportement hydraulique du matériel tourbeux et l'interaction réciproque avec le réseau hydrographique environnant. Les sites choisis étaient les tourbières de Rascoupet et de Couderc, commune de Landeyrat (Cantal).

Après le recueil d'échantillons de tourbe envoyés à l'analyse, la coupe du terrain a été dressée, donnant les épaisseurs, puis les trous de sondage ont été équipés de façon à pouvoir réaliser un pompage d'essai avec des moyens légers d'intervention.

La tourbe se révèle franchement imperméable : on ne peut parler ni d'écoulement ni de la présence d'une nappe souterraine au sein de ce sédiment, qui, étant très poreux, emmagasine un volume important d'eau interstitielle, mais ne fournit aucun débit soutenu en pompage.

Des jaugeages ont été effectués sur les principaux émissaires, mais ils devront être prolongés sur plusieurs cycles hydrologiques, si l'on veut mieux appréhender le rôle régulateur que peut jouer la masse tourbeuse, vis-à-vis des ruisseaux qui la traversent ou qui en sont issus.

En particulier on pense à l'absorption, par la masse spongieuse, du débit des sources périphériques plus ou moins diffuses ; débit qui se trouve restitué, par égouttage, aux ruisseaux qui semblent naître de la tourbière.

Référence :

ARCY D. (d'), BILLET C., BELKESSA R. (1983). — Examen hydrogéologique du site des tourbières de Landeyrat (Cantal). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 498 AUV.

RS. 1598

Étude d'un schéma d'exploitation coordonné dans la région de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme, France)

Scheme for rational exploitation of the alluvial deposits near Pont-du-Château (Puy-de-Dôme, France)

D. d'ARCY
A. MISHELLANY
J.-J. BOIS

A 15 km à l'est de Clermont-Ferrand, l'Allier a déposé des alluvions sableuses sur des formations marno-calcaires. La zone située au nord de Pont-du-Château est très dégradée par l'exploitation de nombreuses sablières, alignées ou contiguës.

Une étude a été conçue dès 1979 pour permettre l'instruction des demandes nouvelles d'extraction et servir de base à un réaménagement global du secteur.

Le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de Clermont-Ferrand, approuvé en mars 1977, précisait déjà que « le secteur de Pont-du-Château, le long des rives d'Allier, se prête à l'organisation d'un plan d'eau de taille importante ».

La surface concernée est de 650 hectares dont le tiers fait l'objet d'autorisations d'exploitation. Le réseau de piézomètres a été complété à la suite de l'implantation de nouveaux sondages : l'écoulement souterrain emprunte un trajet direct suivant un paléochenal au droit duquel se sont d'ailleurs implantées en chapelets, les gravières pour la plupart en eau. Le lit actuel de l'Allier paraît jouer le rôle d'un simple canal avec un circuit superficiel décroché de sa nappe pendant une grande partie de l'année ; le flux souterrain emprunte ainsi directement le trajet des gravières. Un affaissement général de la nappe est par ailleurs constaté depuis 1973.

La configuration actuelle conduit à envisager 3 plans d'eau dont les vocations, quoique différentes, s'articulent autour du thème commun de complexe nautique.

Cinq cartes et deux croquis à 1/5 000 illustrent l'état actuel et les grandes lignes de l'aménagement proposé.

Référence :

BOIS J.-J., ARCY D. (d'), FARIGOULE Y., MISHELLANY A. (1982). — Étude préalable à l'établissement d'un schéma d'exploitation coordonné des carrières dans la région de Pont-du-Château et des Martres-d'Artière, Puy-de-Dôme. Opération TPG - 23-63-09. Rapport B.R.G.M. 82 SGN 839 AUV - LRE HS/80/305.

RS. 1599

Bassins versants de l'Esves et de l'Échandon (Indre-et-Loire) - eaux souterraines - eaux superficielles

Esves and Echandon - drainage basin (Indre-et-Loire) ground water - sùrface water

J.-F. ALLARD
D. CHIGOT

Étude générale des eaux souterraines et des eaux superficielles dans un bassin versant en vue d'identifier les problèmes relatifs à l'eau, de définir la situation actuelle, d'évaluer les inconvénients, d'estimer les besoins futurs tant au point de vue quantité que qualité, alimentation humaine et agricole, et de proposer des aménagements par type de besoin.

L'étude s'est appuyée sur une analyse documentaire et une enquête sur le terrain (géologie, hydrogéologie) ; il a été effectué une estimation des débits et des crues du réseau superficiel à partir de données pluviométriques, et à l'aide de diverses méthodes statistiques en l'absence de périodes de jaugeages suffisamment longues. Les besoins futurs ont été calculés à partir de l'évolution prévisible de la population et des progrès des besoins agricoles.

Les résultats obtenus permettent de dresser un état actuel des possibilités et des besoins et de proposer des solutions d'aménagement pour l'alimentation en eau potable par collectivité, obtenir de l'eau pour l'irrigation, protéger les ressources contre les pollutions diverses, assurer un système de gestion des rivières, préciser les zones où il est possible d'installer des pompes à chaleur eau/eau, définir des objectifs touristiques à partir du potentiel des paysages, plans d'eau et rivières.

Références :

ALLARD J.-F., CHIGOT D. — Bassin versant de l'Esves (Indre-et-Loire). Eaux souterraines et eaux superficielles. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 488 CEN.

ALLARD J.-F., CHIGOT D. — Bassin versant de l'Echandon (Indre-et-Loire). Eaux souterraines et eaux superficielles. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 717 CEN.

RS. 1600

Autoroute A 46 - Anse - Rillieux (Rhône) Protection de la nappe alluviale de la Saône. Reconnaissance complémentaire, modélisation hydrodynamique

A 46 highway - Anse - Rillieux (Rhône)
Protection of the Saone alluvial Water table
Complementary survey, hydrodynamical model

M. MARTELAT
J.-M. ROYER
M.-F. SUAIS

Cette étude a été confiée au B.R.G.M. Service géologique régional Rhône-Alpes par la D.D.E. du Rhône, dans le cadre de la future réalisation de l'autoroute A 46 et de sa jonction avec l'autoroute A 6 à Anse.

Le tracé de l'autoroute et les rejets d'eau pluviale devant traverser les périmètres de protection des captages Saône-Turdine, il convenait d'estimer au mieux l'impact d'une pollution autoroutière sur l'alimentation en eau.

Après avoir effectué :

— une analyse bibliographique détaillée ;
— des investigations de terrain complémentaires ;
— une modélisation des écoulements en régime permanent.

On a pu constater que :

• à Anse, les puits proches de la rive sont alimentés pour moitié par la Saône. Pour les autres, l'alimentation provient également du Pliocène et des alluvions ;

• à Quincieux, les captages sont alimentés à 40 % par la rivière ;

• la pollution chronique en provenance de l'autoroute ne présente pas de risques importants dans la mesure où les aménagements prévus sont effectivement réalisés (plate-forme étanche, ruissellement sur talus recueilli en fossé enherbé et étanche) ;

• toute pollution accidentelle devra être très rapidement circonscrite, surtout au droit des zones de captage proches de l'autoroute.

La réalisation de simulations à partir du modèle calé a permis de montrer que :

— en cas de crue de la Saône, l'alimentation induite par celle-ci augmente fortement au détriment de celle du Pliocène, une pollution de la rivière dans un tel cas s'étendrait très rapidement et largement à la quasi-totalité des puits.

— en cas de pollution de la Saône, un arrêt des pompages ou une réinjection en nappe nécessiterait un délai d'au moins un ou deux jours (réinjection) à 5 jours (arrêt) pour isoler les puits de la rivière. Ceci met l'accent sur la très forte vulnérabilité de la nappe face à une pollution de la Saône par l'autoroute, car les temps de transfert seraient alors très courts face aux interventions de protection envisageables.

RS. 1601

Nappe du Cénomanien de Touraine Etat actuel et évolution Mise en œuvre et application d'un modèle de simulation

Cenomanian aquifer in Touraine area
Present state and evolution
Elaboration and application of a mathematical model

D. CHIGOT

L'aquifère cénomanien de Touraine est très sollicité pour l'alimentation en eau potable. C'est pourquoi depuis plusieurs années, de nombreuses études ont été réalisées et ont permis d'élaborer un modèle mathématique expliquant le comportement de la nappe.

La transformation du modèle de simulation explicatif en modèle de gestion a nécessité une campagne complémentaire d'acquisition des données comportant des mesures de paramètres hydrodynamiques des aquifères séno-turonien et cénomanien, la réalisation des cartes piézométriques synchrones pour ces deux aquifères, des analyses physico-chimiques et isotopiques de l'eau de l'aquifère cénomanien.

Les levés piézométriques ont permis de préciser le sens d'écoulement de la nappe séno-turonienne ainsi que la progression et la baisse de la dépression de la nappe du Cénomanien accentuée près de Tours et s'étendant vers le département du Loir-et-Cher.

La composition chimique de l'eau de la nappe du Cénomanien ne semble pas varier d'une façon significative à l'exception du forage de Bléré. L'évolution constatée semble contrôlée par une composante verticale faisant intervenir l'épaisseur cumulée de sable du Cénomanien.

L'augmentation de produits azotés n'est significative que dans les zones d'affleurements du Cénomanien.

La détermination de l'âge absolu de l'eau du Cénomanien par analyses isotopiques montre que l'eau est plus jeune dans la région de Tours. S'il est difficile de donner une explication exacte de ce rajeunissement, il paraît logique d'indiquer que le mélange des eaux se fait à partir des eaux superficielles vers le Cénomanien (drainance d'une nappe supérieure vers la nappe inférieure et

mélange des eaux au droit du forage même) et non pas des aquifères inférieurs (Jurassique).

Le modèle ainsi affiné a été transformé en modèle de gestion, ce qui rend possible la prévision de l'évolution de la nappe du Cénomanien en faisant varier les hypothèses sur les volumes exploités.

Selon divers scénarios, les résultats sont les suivants :

— En admettant une stabilisation des volumes annuels prélevés : la dépression de la zone de Tours augmentera de 10 m en 1990, une quasi-stabilisation est observée vers les années 2000 à 2010.

— Si les volumes de prélèvements actuels sont augmentés à raison de 2 et 6 % par an, on observe une baisse du niveau de la nappe du Cénomanien de 10 et de 20 m en 1990 et une extension du cône de dépression très marquée vers l'est principalement, vers la vallée du Cher.

— La concentration des prélèvements dans le secteur de Tours et de la vallée du Cher en fait une zone extrêmement fragile. Ainsi, si les hypothèses d'augmentation des prélèvements se réalisent, il est à prévoir des perturbations dans l'exploitation des ouvrages et dans de nombreux forages ; il sera nécessaire de placer les pompes à une profondeur plus grande. Par contre, il n'y a pas à craindre de modification dans la conception même des forages.

— L'arrêt d'exploitation de certains pompages a été simulé dans la zone de Tours : on constate alors une remontée du niveau de la nappe de près de 10 m.

Le modèle de gestion peut servir d'ores et déjà à déterminer l'impact de nouveaux forages et l'évolution piézométrique de la nappe du Cénomanien. Il peut être utilisé dans l'application de la réglementation des forages captant l'aquifère du Cénomanien.

Référence :

CHIGOT D. (1983). — Nappe du Cénomanien de Touraine — Etat actuel et évolution — Mise en œuvre et application d'un modèle de simulation. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 781 CEN.

RS. 1602

Carte hydrogéologique du département du Var à 1/200 000

Hydrogeological map of the Var department (Scale 1/200,000)

R. COVA *
G. DUROZOY

Cette carte a été réalisée pour le compte des ministères de l'industrie et de l'agriculture. Son but a été de mettre à la disposition des organismes administratifs, comme des particuliers ayant à traiter des problèmes d'eau, un document de synthèse sur les ressources d'un département au relief tourmenté sous climat méditerranéen où tout développement a, de tous temps, dépendu de l'eau.

Les données essentielles concernant la climatologie sont fournies, ainsi que les caractéristiques des principaux cours d'eau, tous côtiers, et dont le principal est l'Argens sur lequel est axé le département.

Les appareils aquifères les plus importants sont constitués par les alluvions de ces fleuves largement exploités pour l'alimentation (eau potable et irrigation) de la frange littorale où se concentre la part la plus importante de l'activité.

Dans l'arrière pays, alimentation en eau potable et irrigation sont assurées à partir des exutoires d'aquifères calcaires qu'une structure géologique très complexe compartimente à l'extrême ; leur représentation à l'échelle de la carte a dû être schématisée.

Dans le massif des Maures, n'existent que des sources de faible débit, toutes captées, mais dans la zone d'altération des roches cristallines existent des circulations épidermiques diffuses sollicitées par de nombreux forages particuliers.

Malgré la relative abondance des ressources en eau et à cause de la concentration de la vie économique sur la zone littorale, le département ne peut assurer son autonomie en ce qui concerne l'alimentation en eau potable et doit faire appel à des ressources extérieures notamment dans la région toulonnaise (canal de Provence).

* Direction départementale de l'agriculture du Var.

RS. 1603

Nappe de Crau, actualisation du modèle de gestion

Crau groundwater body. Updating of the management model

M. GRAVOST

Le modèle mathématique de simulation en régime transitoire de la nappe de Crau, réalisé en 1972 et calé sur la période février 1969 — février 1970, a été actualisé en 1983 par prise en compte des modifications intervenues depuis sur les conditions aux limites qui résident essentiellement dans : l'accroissement de 40 à 60 % des prélèvements, la création d'ouvrages d'assainissement, les aménagements portuaires de la zone de Fos et un abaissement de la nappe à l'aplomb de son axe de drainage principal, le « couloir de Miramas ».

Ces modifications ont été intégrées dans une simulation portant sur une période de 13,5 années, de février 1969 à août 1982, époques pour lesquelles on possédait une piézométrie précise de la nappe.

A cette occasion, les données ont été adaptées à un programme de calcul modernisé dont les possibilités restent à exploiter, et on a choisi un pas de calcul semestriel apte à rendre compte des évolutions pluri-annuelles, de préférence au pas de calcul décadaire du modèle initial.

Pour rendre compte des observations, on a été amené à moduler les taux d'infiltration des surplus d'irrigation selon 6 zones, en remplacement du taux unique adopté précédemment. Cette modulation intègre l'influence des canaux de drainage et de la topograhie du substratum ainsi que des rapports évapotranspiration/profondeur de la nappe.

Le modèle actualisé permet des simulations prévisionnelles sur une période de 10 à 15 ans avec une précision acceptable.

Des améliorations sont proposées en vue d'accroître sa fiabilité et sa précision.

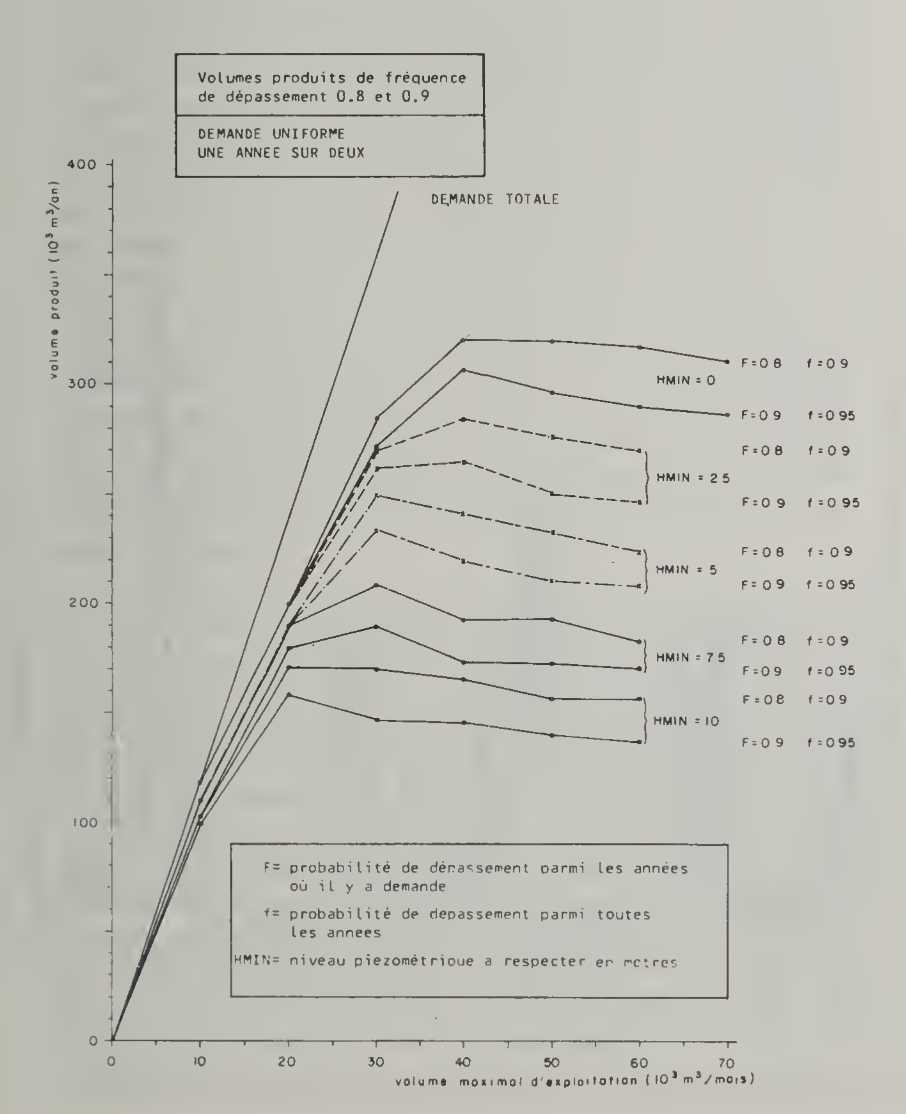
RS. 1604

Mise au point d'une méthode simple d'évaluation statistique des possibilités d'exploitation d'un système aquifère : le modèle Gerfeau

A simple method of statistical evaluation of the exploitation possibilities of an aquifer system

P.-A. ROCHE

Une approche statistique est souvent nécessaire lorsqu'il s'agit d'évaluer les possibilités d'exploitation d'un aquifère : les apports en eau sont soumis aux aléas climatiques, et les prélèvements réalisés pour satisfaire des demandes qui sont elles-mêmes variables dans le temps, et souvent liées aux variables climatiques. Les études hydrogéologiques s'attachent généralement à l'analyse du fonctionnement hydraulique du système aquifère, mais on se limite souvent à quelques simulations des exploitations envisagées sur des chroniques particulières.



En utilisant un modèle d'influences multiples, il est possible de générer de nombreux scénarios sur lesquels on simule différentes exploitations. L'effet de ces exploitations à long terme est résumé par les modifications qui sont introduites dans les statistiques de niveaux piézométriques. On définit ainsi les statistiques de volumes productibles pour une demande donnée.

Des simplifications ont été introduites pour rendre ces calculs accessibles sur le plan numérique (réduction de la dimension du système) et ont donné lieu à la réalisation du modèle Gerfeau. Une application a été réalisée sur le cas réel d'un forage exploité à Ploudaniel (dans le Finistère) et a montré l'intérêt d'un tel modèle.

Référence :

ROCHE P.-A. (1983) — Note technique 83/84 — Le programme Gerfeau — Un exemple simple d'évaluation statistique des possibilités d'exploitation d'un système aquifère.

RS. 1605

Analyse des possibilités de modélisation des grands bassins versants hétérogènes au moyen d'un modèle global ; application à la Moselle française

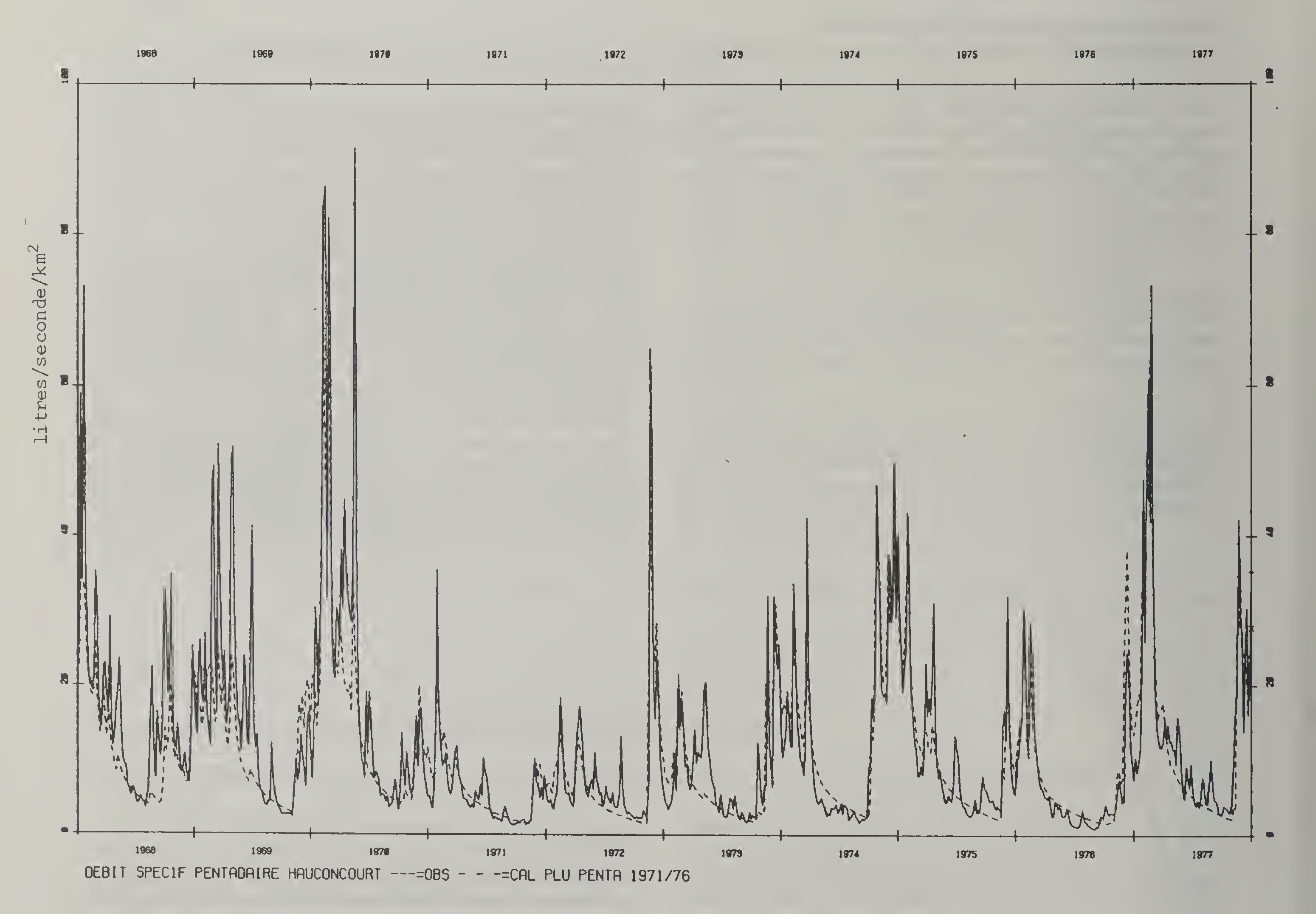
Analysis of the possibilities to modelize large heterogeneous river basins with a global catchment model ; example of the French Moselle

D. THIERY

Il est classique, depuis une ou deux décennies, de modéliser des bassins versants de superficie moyenne (50 à 500 km²) avec des modèles globaux utilisant des précipitations journalières. Dans le but de voir si une telle approche simple pouvait être utilisée sur des bassins beaucoup plus grands (10 000 km²) et donc hétérogènes, on a tenté de modéliser les débits de la Moselle française avec des données de finesse variable (journalières, pentadaires, décadaires et mensuelles). Malgré l'hétérogénéïté du bassin versant — qui comporte des parties à fort ruissellement en amont et à forte infiltration en aval, et surtout des précipitations très abondantes en altitude et au contraire extrêmement faibles près de l'exutoire —, est apparue la possibilité de simuler correctement les débits mesurés pendant les 6 années de la période 1971-1976. Les simulations ont donné de bons résultats avec des précipitations au pas de temps de 5 jours, mais aussi des résultats très acceptables avec des précipitations mensuelles, donc avec un volume d'informations à traiter considérablement réduit.

Référence :

ROCHE P.-A., THIERY D. (1982-1983). — Étude des bassins versants de la Moselle française — Rapports d'avancements nos 1 et 2, octobre 1982 et juin 1983.



Débit observé —— et simulé - - - de la Moselle à HAUCONCOURT (10 000 km²) par pas de temps de 5 jours (calage sur la période 1971-1977).

Hydrogéochimie
Qualité des eaux souterraines

RS. 1606

Éléments sur la contamination des eaux souterraines par les fertilisants azotés

Elements on groundwater contamination by nitrogen fertilizers

A. LANDREAU
A. MORISOT *

Action concertée Comité EAU n° 80.0.1101

Face au problème de l'augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines, un certain nombre de questions se posent, notamment :

— La contamination mise en évidence dans un certain nombre de secteurs peut-elle s'étendre géographiquement dans les années à venir ?

— Jusqu'à quel niveau de concentrations vont évoluer les teneurs dans les zones actuellement contaminées ?

Pour tenter de répondre à ces questions, le B.R.G.M. a lancé un programme d'étude « in situ » de l'état nitrate du sous-sol dans divers contextes suffisamment typés tant du point de vue hydrogéologique qu'agricole. L'étude « in situ » lorsqu'elle est possible, est à notre sens la meilleure manière de cerner la réalité des *phénomènes* et de les quantifier. C'est ainsi qu'une dizaine de sondages ont été réalisés sur toute l'épaisseur comprise entre le sol et la nappe, ceci afin d'établir des profils d'azote nitrique ** contenus dans les eaux interstitielles en fonction de la profondeur et de corréler les résultats obtenus à l'historique des activités agricoles ayant eu lieu au cours des 10 ou 20 dernières années (types de cultures pratiquées et quantités de fertilisants utilisés). Cette démarche a par ailleurs été mise en œuvre depuis 1976 en Angleterre par le Centre de recherches sur l'eau et a apporté un certain nombre de résultats particulièrement intéressants. Certes dans notre cas, le nombre de profils réalisés (une dizaine ayant chacun une profondeur d'environ 15 m) est très modeste pour pouvoir généraliser les résultats obtenus ; néanmoins ces derniers sont riches d'informations et apportent des éléments de réponse aux questions posées.

— Sous toutes les parcelles cultivées, il a été mis en évidence un stock de nitrates qui migre vers les nappes et ceci sans qu'il soit relevé d'atténuation notable de son importance lors du déplacement en profondeur. La même observation a été faite en Angleterre par le Centre de recherche sur l'eau en comparant l'évolution de profils réalisés successivement dans le temps.

— Les teneurs en nitrates des eaux interstitielles sont très rarement inférieures à 45 mg/l. Pour la craie de Touraine où les amplitudes de variations sont faibles, les concentrations se situent entre 45 et 65 mg/l. Le profil réalisé en Bretagne sous culture maraîchère dans la région du Léon, montre que les eaux contenues dans la zone non-saturée ont une teneur en moyenne de l'ordre de 130 mg/l.

Il semble donc que l'activité agricole pratiquée sur les sites observés soit difficilement compatible avec la sauvegarde de la qualité des eaux des nappes phréatiques.

— Un certain nombre de calculs effectués sur les différents profils ont permis de mieux approcher les effets de certains assolements ou pratiques agricoles. C'est ainsi qu'il a pu être estimé que :

- dans les zones de grandes cultures, la fourchette des reliquats annuels de nitrates susceptibles d'être lessivés se situe entre 30 et 45 kg de N par hectare ;
- sous les cultures maraîchères en Bretagne les reliquats calculés à partir d'un bilan agronomique sont tels qu'il s'ensuit pour les eaux de la nappe une teneur de l'ordre de 130 à 170 mg/l. Ce chiffre concorde avec les valeurs du profil et la teneur en nitrates des eaux de la nappe au droit de la parcelle étudiée qui est de 130 mg/l ;
- les retournements de prairies permanentes ou de friches libèrent dans le sous-sol un stock important d'azote nitrique. Pour chacun des trois profils pour lesquels cette pratique a eu lieu, les quantités d'azote ainsi libérées ont été estimées à 200, 235 et 400 kg de N par hectares. Par contre ce phénomène ne semble pas être très marqué si le retournement concerne des prairies de quelques années (2 ou 3 ans) s'insérant dans un assolement.

Les chiffres mentionnés, notamment ceux relatifs aux reliquats annuels lessivables sous les zones de grandes cultures, doivent retenir notre attention. En effet, si l'on considère la limite inférieure de la fourchette (30 kg de N par ha) qui correspond au profil dans la craie en Touraine, on constate que cette perte a pour effet de produire des concentrations de l'ordre de 50 à 60 mg/l. Or les quantités totales d'azote mises annuellement en jeu sont de l'ordre de 200 à 250 kg/ha (azote du sol et apport en fertilisants). Cela tend à indiquer que les fuites d'azote vers les nappes devraient être inférieures à 15 % de l'ensemble du stock annuel contenu dans le sol pour assurer un maintien de la qualité de nos eaux souterraines. Ainsi il semble que même si l'on parvient à ajuster au mieux la fertilisation azotée aux besoins des cultures, les effets produits sur la qualité des eaux seront tels que les teneurs se situeront autour de la norme de 50 mg/l.

A notre sens, l'origine de l'augmentation des teneurs en nitrates n'est pas uniquement due aux doses de fertilisations azotées pratiquées, mais tout autant aux modifications apportées aux assolements depuis quelques années et surtout à l'accroissement important des surfa-

ces cultivées. En effet, les bois ou prairies correspondent à des zones où l'eau souterraine est de bonne qualité et peut diluer les eaux plus chargées provenant des secteurs agricoles situés en amont hydraulique. Or, l'accroissement des surfaces productives est tel que de nos jours, les volumes disponibles d'eau à faible teneur en nitrates sont insuffisants pour jouer leur rôle antérieur.

Références :

LANDREAU A., MORISOT A. (1982). — Évaluation de la vulnérabilité des aquifères libres aux nitrates d'origine agricole. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 026 EAU.

LANDREAU A. (1983). — Les nitrates dans les eaux souterraines. In *« L'eau, l'industrie, les nuisances »*, n° 71, janvier-février 1983.

* Laboratoire des sciences du sol, I.N.R.A., 45, bd du Cap, 06600 Antibes.

** Sondages effectués par carottage, prise d'échantillons tous les 50 centimètres, extraction des eaux interstitielles en laboratoire et dosage des nitrates contenus dans ces eaux. Régions concernées : Champagne, Picardie, Touraine, Bretagne, Midi-Pyrénées.

RS. 1607

Modélisation des transferts de nitrates dans un bassin versant par un modèle global à réservoir

Modelisation of the nitrogen transfer over a river basin with a global model

D. THIERY

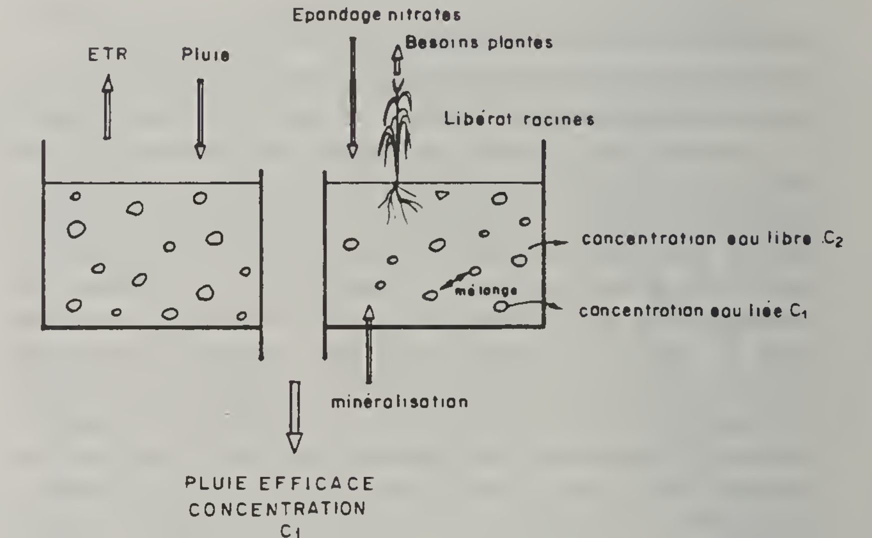
Pour simuler en continu l'évolution des concentrations en nitrates à l'exutoire d'un bassin versant hydrologique ou dans un piézomètre du bassin, on a réalisé un modèle global à réservoir : le modèle Biche (Bilan chimique dans les écoulements). Ce modèle effectue un bilan (au pas de temps journalier, pentadaire, décadaire ou mensuel) entre les quantités de nitrates apportées (par épandage et par minéralisation du sol), consommées (par les plantes) et infiltrées (par les pluies efficaces). Il permet alors d'évaluer les quantités de nitrates qui ressortent par les exutoires naturels à chaque instant.

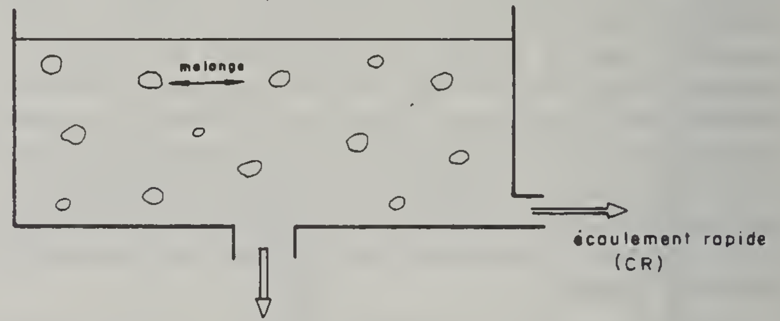
Les données nécessaires à son utilisation sont :

— les pluies et l'évapotranspiration potentielle sur le bassin versant ;

— les données d'épandage d'engrais, de consommation des plantes et de minéralisation sur le bassin versant.

Ce modèle a été appliqué à un ensemble de sources près de Rembercourt (Meuse) et a permis de reproduire à peu près correctement les concentrations mesurées pendant deux ans.





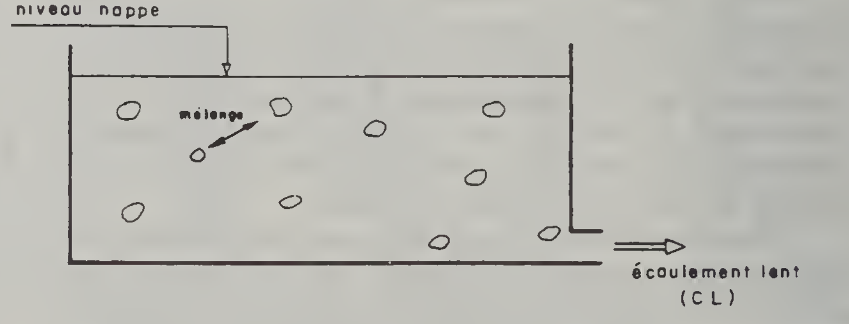


Fig. 1. — Principe du modèle Biche.

Références :

THIERY D. (1983). — Note technique 83/15. Description du modèle Creachim (novembre 1983).

THIERY D. (1984). — Note technique 84/01. Modélisation des transferts de nitrates dans 5 bassins versants à Rembercourt-aux-Pots (Meuse) (janvier 1984).

RS. 1608

Historique de la minéralisation azotée des eaux de l'Éocène dans la région de Nangis (Seine-et-Marne)

Review of the nitrogenated mineralization of the Eocene water in the Nangis area (Seine-et-Marne)

G. BERGER
B. MAZENC

Les résultats des forages réalisés ces dernières années dans le secteur oriental de la Brie ont permis de réinterpréter l'ensemble des coupes géologiques et de définir avec précision la géométrie des aquifères éocènes ainsi que, pour les différents ouvrages d'exploitation, la partie captée de ces aquifères.

Le dépouillement et l'informatisation des résultats d'analyses archivées au laboratoire départemental de Seine-et-Marne et au B.R.G.M. ont conduit à établir l'historique chimique des eaux souterraines de 1947 à 1983.

L'étude de l'évolution de la minéralisation globale, par report graphique des concentrations en fonction du temps, montre que cette minéralisation est en augmentation constante, aussi bien pour les nappes libres que pour les nappes captives, sur la période considérée, et que le processus d'enrichissement des eaux des aquifères captifs était apparu antérieurement à 1947.

En ce qui concerne l'azote, l'enrichissement des eaux souterraines des nappes libres a débuté bien avant 1947, celui des nappes captives vers 1950.

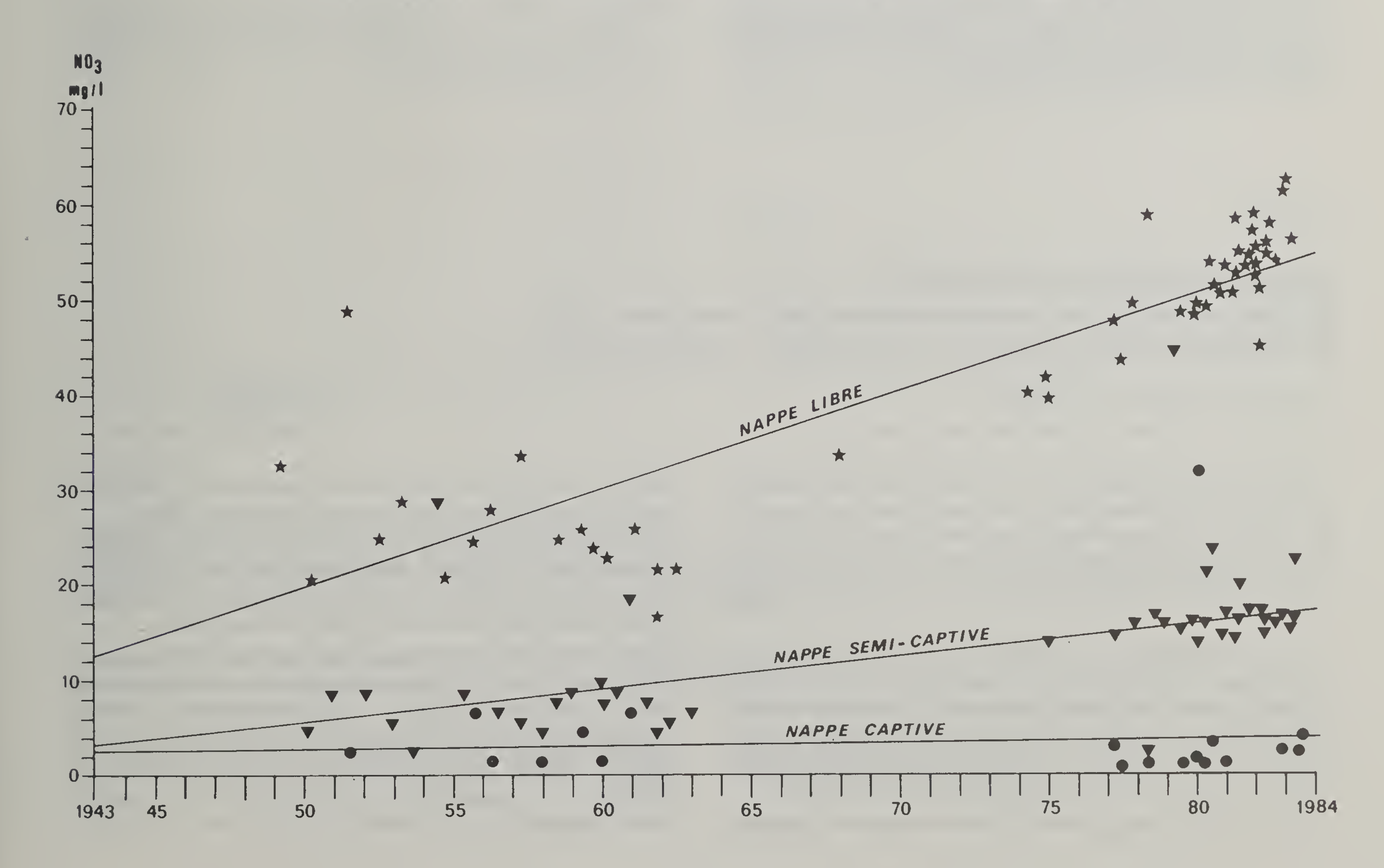
Actuellement, le taux moyen en nitrates des nappes libres est de l'ordre de 50 mg/l, celui des nappes captives de 20 mg/l.

Si le processus de dénitrification naturel actuellement étudié existe, il retarde l'enrichissement en azote. S'il est absent, il est vraisemblable que, de la même façon qu'il a fallu 20 ans pour que la teneur en nitrates des eaux des nappes libres passe de 25 à 50 mg/l, il faudra 20 ans au moins, si les prélèvements s'accentuent, pour que celle des eaux des nappes captives atteigne 50 mg/l.

Référence :

BERGER G., MAZENC B. (1983). — Étude hydrogéologique du secteur nord de Nangis (Seine-et-Marne). Historique de la minéralisation azotée des eaux souterraines. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 792 IDF.

Evolution des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la Brie orientale



RS. 1609

Étude de l'origine des composés azotés dans les eaux distribuées et propositions d'aménagement. Études communales réalisées dans le Loiret et l'Eure-et-Loir

Study of the origin of nitrogen compounds in water public alimentation and proposition of amenagement (Loiret and Eure-et-Loir)

D. CHIGOT
N. DESPREZ

Un très grand nombre de communes du Loiret et de l'Eure-et-Loir distribuent de l'eau souterraine dont la teneur en nitrates dépasse ou approche la teneur maximale admissible.

Les captages sont souvent situés à proximité des agglomérations et ils exploitent la nappe du Calcaire de Beauce ou de la craie.

Pour chaque commune (une quarantaine environ), il a été réalisé une étude hydrogéologique par relevés piézométriques et analyses chimiques et isotopiques (δN_{15}).

Les résultats permettent d'après le sens d'écoulement de la nappe et l'examen de l'origine des nitrates, de donner des éléments quant à la possibilité de trouver sur place une eau de meilleure qualité et moins vulnérable.

Les solutions sont variées selon les secteurs. Dans certains cas, on a pu proposer un emplacement pour un ouvrage de caractéristiques semblables, dans d'autres sites, il a été possible d'envisager de capter la partie inférieure de la nappe, enfin dans certains cas, il sera nécessaire de prévoir un captage exploitant une nappe différente et plus profonde.

Les solutions proposées demanderont à être vérifiées par des reconnaissances lorsque la géologie est peu connue en profondeur et dans d'autres cas, des solutions collectives devraient être envisagées.

Références :

CHIGOT D. (1983). — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population de la commune de Briare (Loiret). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 220 CEN.

CHIGOT D. (1983). —Étude hydrogéologique relative à la lutte contre les nitrates, secteur du SIVOM de Châtillon-Coligny (Loiret). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 577 CEN.

CHIGOT D. (1983). — Étude pour l'amélioration de la qualité de l'eau distribuée dans les communes de Guillonville, Bazoches-en-Dunois, Péronville, Villampuy, Saint-Cloud-en-Dunois, Ozoir-le-Breuil (Eure-et-Loir). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 632 CEN.

DESPREZ N. (1983). — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population des communes de Patay, Charsonville, Coinces, Tournoisis, Bricy-Boulay-les-Barres, Epieds-en-Beauce, Syndicat Gemigny (Loiret). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 298 CEN.

DESPREZ N. (1983). — Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage communal de Jouy-en-Pithiverais (Loiret). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 539 CEN.

DESPREZ N. (1983). — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population des communes de Neuville-aux-Bois, Ruan, Villereau (Loiret). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 116 CEN.

RS. 1610

*Nappe du Calcaire de Beauce : Évolution de la teneur en nitrates sur quelques AEP * en région Centre (Loiret, Loir-et-Cher, Eure-et-Loir)*

« Calcaire de Beauce » aquifer
Evolution of nitrate content of some waters

J.-F. ALLARD
N. DESPREZ
H. GALLE-CAVALLONI

Dans le cadre général de la lutte contre les teneurs excessives en nitrates dans les eaux souterraines, le B.R.G.M., Service géologique régional Centre, a effectué en 1982 et 1983 un suivi des teneurs en nitrates sur un certain nombre de forages captant la nappe du Calcaire de Beauce.

Les prélèvements et analyses ont été réalisés sur 21 captages d'alimentation en eau publique. Ils ont été choisis en raison de situations diverses : captage situé en agglomération, captage mélangeant 2 nappes, captage situé en zone soumise à des rejets agricoles ou industriels, captages dont l'équipement est en mauvais état.

Sur chaque ouvrage choisi, il a été effectué un prélèvement et une analyse des nitrates chaque mois entre juin et décembre 1982, et entre mars et décembre 1983.

Les résultats montrent que les teneurs en nitrates diminuent de juin à octobre 1982 et augmentent légèrement d'octobre à décembre, et que certains points sont particulièrement sensibles aux événements superficiels.

En 1983, les variations des teneurs en nitrates (NO_3 mg/l) ont été particulièrement sensibles, avec teneurs maximales en août. Trois communes seulement n'ont pas atteint le seuil de potabilité de 50 mg/l. L'amplitude des variations a été comprise entre 16 et 58 mg/l de NO_3.

* AEP : alimentation en eau publique.

A la fin de l'année 1983 (étiage), on constate une augmentation de la teneur en nitrates de 6 à 32 mg/l par rapport à la situation de l'étiage 1982 pour 15 captages, une diminution de 9 mg/l pour un captage.

Cette évolution est à mettre en parallèle avec l'importance exceptionnelle des précipitations efficaces de l'année hydrogéologique 1982-1983.

Références :

ALLARD J.-F., GALLE-CAVALLONI H. (1983). — Nappe du Calcaire de Beauce. Évolution de la teneur en nitrates sur quelques AEP en région Centre (Loiret, Loir-et-Cher, Eure-et-Loir). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 066 CEN.

DESPREZ N. (1983). — Nappe du Calcaire de Beauce. Évolution de la teneur en nitrates sur quelques AEP en région Centre (Loiret, Loir-et-Cher, Eure-et-Loir). Rapport B.R.G.M. 84 SGN 038 CEN.

RS. 1611

Estimation du fond géochimique naturel dans les sols et évaluation du niveau de pollution dues aux activités humaines : cas du bassin versant de l'Orne, affluent de la Moselle

Geochemical background and sources of contamination in the drainage basin of the Orne River, a tributary of the Moselle River (Lorraine, France)

A. BOURG
D. BONNEFOY

Action concertée avec le secrétariat d'état à l'Environnement et à la Qualité de la vie (Convention n° 81-396)

Le présent travail a pour objet l'étude, selon la méthodologie de prospection géochimique, d'une zone non couverte par cet inventaire, le bassin versant de l'Orne, affluent de la Moselle.

La détermination et le traitement statistique (bi et multivariable) des teneurs en éléments majeurs et traces de 162 échantillons prélevés dans ce bassin versant ont permis d'une part, de quantifier les fonds géochimiques de cette région (tableau) et d'autre part, de discriminer au niveau des anomalies observées, les paragenèses « minéralisations » des pollutions industrielles grâce à des traceurs géochimiques (Ag, As, Mo et Sn).

SiO_2	70,3	%	CaO	2,45	%
Al_2O_3	9,57	%	K_2O	2,47	%
Fe_2O_3	7,77	%	TiO_2	0,91	%
MgO	0,73	%	MnO	0,17	%
P	1800	µg/g	As	43,2	µg/g
Li	64,4	µg/g	Sr	99,7	µg/g
B	111	µg/g	Y	39,1	µg/g
V	110	µg/g	Ba	404	µg/g
Cr	138	µg/g	La	27,2	µg/g
Co	16,4	µg/g	Ce	95,0	µg/g
Ni	39,6	µg/g	W	4,46	µg/g
Cu	20,6	µg/g	Zr	439	µg/g
Pb	35,0	µg/g	F	413	µg/g
Zn	133	µg/g			

Tableau. — Fonds géochimiques du bassin versant de l'Orne.

Référence :

BOURG A., BONNEFOY D. (1983). — Estimation du fond géochimique naturel dans les sols et évaluation du niveau de pollutions dues aux activités humaines : cas du bassin versant de l'Orne, affluent de la Moselle. Comptes rendus du symposium sur la protection des sols et le devenir des déchets, La Rochelle, septembre 1983. pp. 29-43.

RS. 1612

*Synthèse des protections réglementaires relatives aux captages AEP * du département de Seine-et-Marne (état à la fin de l'année 1983)*

Synthesis of the Safety precautions concerning the AEP wells of the Seine-et-Marne department (situation at the end of 1983)

J. CAMPINCHI

La synthèse relative à l'établissement des périmètres de protection autour des captages AEP situés dans le département de Seine-et-Marne a été réalisée en 1983 à la demande de l'Agence financière de bassin Seine-Normandie par le Bureau de recherches géologiques et minières (SGR Ile-de-France).

* AEP : alimentation en eau publique.

Près de 330 captages d'eaux souterraines (70 %) et de prises en rivières (30 %) participent à l'alimentation en eau potable des 900 000 habitants du département de Seine-et-Marne. La ville de Paris possède 7 champs captants regroupant environ 120 captages implantés dans ce département. Plus des 3/4 des ouvrages sollicitent les nappes des calcaires de Champigny, de la craie et des alluvions.

Le problème le plus préoccupant est celui de l'augmentation de la teneur en nitrates des captages d'eaux souterraines. 20 % de ces ouvrages situés surtout dans l'arrondissement de Provins fournissent en 1983 une eau contenant plus de 50 mg/l de NO_3.

Quatre géologues agréés ont établi environ 400 rapports fixant les périmètres de protection autour des captages des champs captants du département. Environ 10 % des captages ont reçu un avis défavorable ; ils intéressent principalement la nappe superficielle très vulnérable contenue dans les calcaires de Brie.

Les limites des périmètres ont surtout été établies en fonction de la vulnérabilité des captages et de la présence éventuelle de foyers de pollution potentielle à proximité, ou de l'absence de ces derniers (large couvert forestier...). A l'intérieur des périmètres, les prescriptions générales imposées sont celles prévues par la large panoplie des textes de lois traitant du sujet.

L'interdiction du déboisement sauvage, la limitation des débits d'exploitation... entrent dans la gamme des prescriptions particulières.

L'estimation globale de la valeur de chacun des captages du département, et leur report sur carte permet de mieux cerner les secteurs et les aquifères à problèmes et ceux dans lesquels les nappes sont parfaitement protégées. Des recherches pour le remplacement des captages défaillants et des interconnexions sont déjà programmées à l'initiative de la Direction départementale de l'agriculture du département de Seine-et-Marne.

RS. 1613

Protection générale du gisement hydrominéral d'Enghien-les-Bains (Val-d'Oise). Essai de définition et de délimitation des risques potentiels. Mesures de protection

J. CAMPINCHI

General protection of Enghien thermal waters

La synthèse des études réalisées depuis une quinzaine d'années sur le gisement hydrominéral d'Enghien a permis de proposer diverses mesures afin d'éviter les effets de travaux divers sur la pérennité des captages des thermes.

Le site où s'opère la réduction des sulfates en sulfures par voie bactérienne est centré autour du lac d'Enghien dans la nappe contenue à l'intérieur des alluvions tourbeuses et du Calcaire de Saint-Ouen.

Le bassin d'alimentation de cette nappe s'étend jusqu'à Cormeilles-en-Parisis et jusqu'à la forêt de Montmorency couvrant 18 communes du Val-d'Oise. La nappe sulfureuse d'Enghien peut être alimentée par les infiltrations d'eau sur les affleurements des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen, par percolation au travers des assises à dominante gypseuse et par drainance à partir des Sables de Beauchamp sous-jacents.

Les travaux de V.R.D., de fouilles, d'assainissement, de fondations et de forages sont une menace potentielle pour le gisement à des degrés divers à l'intérieur de tout le bassin d'alimentation des captages des thermes.

Pour remédier à ces risques, le principe d'un réseau permanent de surveillance des niveaux et de la qualité de la nappe a été décidé ; des cotes et des paramètres physicochimiques d'alerte ont été précisés.

L'établissement de périmètres de protection réglementaires étant difficile à mettre en œuvre, il est proposé à la place, une carte de zonage des risques qui couvre la totalité du bassin d'alimentation. Dans les 4 zones définies, les contrôles sont de plus en plus importants depuis les limites du bassin jusqu'aux captages.

A l'intérieur de ces aires, les travaux mentionnés plus haut doivent faire l'objet d'une autorisation par les administrations compétentes après avis hydrogéologique.

Une modélisation du complexe aquifère et une étude de la biologie de la flore bactérienne responsable de l'originalité du gîte d'Enghien permettront de formuler un avis plus précis et de prévoir l'impact éventuel de tous travaux futurs sur la pérennité des captages.

Une meilleure information des administrations et des élus des 18 communes concernées facilitera une prise de conscience de l'importance du problème de protection de la nappe sulfureuse d'Enghien qui, bien que très résistante, demeure néanmoins très vulnérable.

Environs des Thermes à Enghien

Qualité des eaux le 16_2_82 _ Zonation des risques

Champ de Courses d'Enghien

l'Alliance

Marais

les Marais

le Parc de Catinat

Lac d'Enghien

Ile des Cygnes

St-Gratien

ENGHIEN LES BAINS

Neulimont

le Cygne d'Enghien

les Fontodes

la Fosse aux Moine

• Point de prélèvement dans la nappe du St Ouen

+ Point de prélèvement dans la nappe alluviale (PT1)

◎ Captage des Thermes

1090 Résistivité en Ω/cm à 20°

24.7 Degré sulfhydro (lorsque cette valeur n'est pas mentionnée le degré sulfhydro est égal à 0°)

Limite approximative de gisement hydrominéral d'Enghien

Extension des tourbes (Risques géotechniques : tassement)

Zonation des risques hydrogéologiques pour les captages des Thermes

1 Risques forts

2

3

4 Risques faibles

RS. 1614

Réseau de surveillance de la qualité des eaux de la nappe alluviale au Sud de Lyon (Rhône)

Underground water quality monitoring network southern industrial district of Lyon (Rhône)

Y. GOUISSET

Le réseau de surveillance de la qualité des eaux de la nappe alluviale au sud de Lyon a été créé en 1976. Deux campagnes de mesures annuelles portent sur 27 puits et forages. Des analyses chimiques complètes sont effectuées sur les prélèvements d'eau (physicochimie, éléments majeurs et traces).

Chaque année, les deux campagnes de janvier et juillet sont présentées.

L'information des quelques 10 000 données réunies permettent un commentaire de l'évolution des teneurs.

Ces méthodes d'analyses conduisent d'une part à un suivi et une appréciation de la qualité de la nappe en chaque point de prélèvement, d'autre part à dresser un bilan hydrochimique de cette nappe.

Cette opération, réalisée pour le compte de la Direction régionale de l'industrie et de la recherche et d'un groupement d'industriels, permet de constater qu'au fil des années la qualité de l'eau de la nappe s'améliore (Mn^{++}, Cl^-, N total, Po_4^{-3} Hg, phénols). Toutefois, des augmentations des teneurs en K^+, So_4^{-2} et détergents anioniques pas toutes liées aux activités industrielles, sont constatées.

Référence :

GOUISSET Y. (1983). — Réseau de surveillance de la qualité des eaux de la nappe alluviale au Sud de Lyon (Rhône). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 875 RHA.

RS. 1615

Nouveaux bassins de décantation prévus à l'usine Solvay à Tavaux (Jura). Vérification de l'efficacité du dispositif de fixation des chlorures. Étude comparative des dispositifs de protection de la nappe

New settling basins planed at Solvay plant — Tavaux (Jura)
Efficiency checking of the chloride fixation apparatus
Comparative study of different protection system for the water table

Y. GOUISSET

A la suite d'une étude réalisée en 1975, un dispositif de pompage (8 forages) a été mis en place dans l'emprise de l'usine de Tavaux (39) pour éviter la migration, dans la nappe alluviale, des chlorures issus par percolation des quatre bassins de décantation existants.

Des examens successifs ont démontré l'efficacité du dispositif hydrodynamique.

Par ailleurs, dès 1979, a été réalisée une étude de préfaisabilité des moyens à mettre en œuvre pour prendre en compte le projet de deux nouveaux bassins à créer d'ici 1990.

Outre les différentes campagnes de mesures piézométriques et de prélèvements pour analyses chimiques assurées par la société Solvay, le B.R.G.M. est chargé de l'exégèse des résultats mais aussi de la constitution et de l'exploitation des modèles mathématiques hydrodynamiques.

Une étude comparative technico-économique des principaux aménagements envisageables pour la protection de la nappe (imperméabilisation des nouveaux bassins par membrane) a montré que le dispositif du piège hydrodynamique est largement le plus économique tout en étant d'un fonctionnement souple et facilement vérifiable.

Références :

Rapports B.R.G.M. 75 SGN 003 JAL
77 SGN 387 JAL
79 SGN 439 FRC
83 SGN 035 FRC
83 SGN 545 FRC

RS. 1616

Étanchéité superficielle, diminution de la perméabilité de la craie sénonienne par traitement mécanique en Champagne

Reduction of the senonian chalk perviousness through mechanical processing in « Champagne »

J. PINTE
P. MORFAUX
G. SOULIEZ

En Champagne-Ardenne, la craie sénonienne affleure très largement. Sa perméabilité très variable est de trois types :

— perméabilité de matrice : de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-7} m/s,

— perméabilité de dissolution : de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-2} m/s,

— perméabilité de fissure : de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-1} m/s.

Ces trois éléments, en se conjuguant, confèrent à la nappe de la craie, une hétérogénéïté complexe et une vulnérabilité importante vis-à-vis des pollutions de surface.

La législation sur les établissements classés comme polluants impose un certain nombre de prescriptions pour la protection des eaux souterraines, qu'il est très difficile de satisfaire.

Les instructions techniques du 22 janvier 1980 établies par le ministère de la Culture et de l'Environnement pour la mise en décharge des déchets, définissent trois classes de sites basées sur la perméabilité des terrains sous-jacents et pour une épaisseur théorique de 5,00 m :

— classe I : $k \leqslant 10^{-9}$ m/s,
— classe II : $10^{-9} \leqslant k \leqslant 10^{-6}$ m/s,
— classe III : $k \geqslant 10^{-6}$ m/s.

Il est donc pratiquement impossible de trouver des sites naturels de classe II, la perméabilité globale de la craie étant toujours supérieure à 10^{-6} m/s.

L'objectif a donc été d'homogénéïser le sol et d'essayer d'obtenir, après traitement mécanique, une perméabilité régulière, au moins égale à celle de la matrice.

Les études ont montré que la diminution de la perméabilité de la craie pouvait atteindre au moins la valeur de k de la matrice (soit 10^{-6} m/s). On peut donc par ce système s'affranchir des problèmes de fissuration qui augmentent généralement la perméabilité d'un site.

De plus, les techniques que nous avons mises en œuvre sont proches de celles utilisées pour les terrassements routiers. Elles ne poseront donc pas de problèmes particuliers aux entreprises habituées à ce genre de manipulations.

Il faut toutefois remarquer que ces études n'en sont encore qu'à leur début et que certains problèmes n'ont pas encore été approfondis.

Parmi ceux-ci, on peut citer la tenue dans le temps face aux agents agressifs et la résistance sous forte charge qui ne pourront être résolues que par une recherche combinée en laboratoire et sur le terrain.

Cependant, cette technique semble prometteuse tant sur le plan de la facilité de réalisation que sur le plan financier. Il faut toutefois insister sur l'importance d'un contrôle rigoureux, qui reste le garant d'une bonne adaptation des études au cas particulier de chaque site.

RS. 1617

Amélioration des modèles statiques et dynamiques des interactions eaux-roches

Improvement of static and dynamic water-rock interactions models

P. OUSTRIÈRE
A. CRIAUD

L'interprétation des relations entre minéraux et fluides peut être considérée de deux manières :

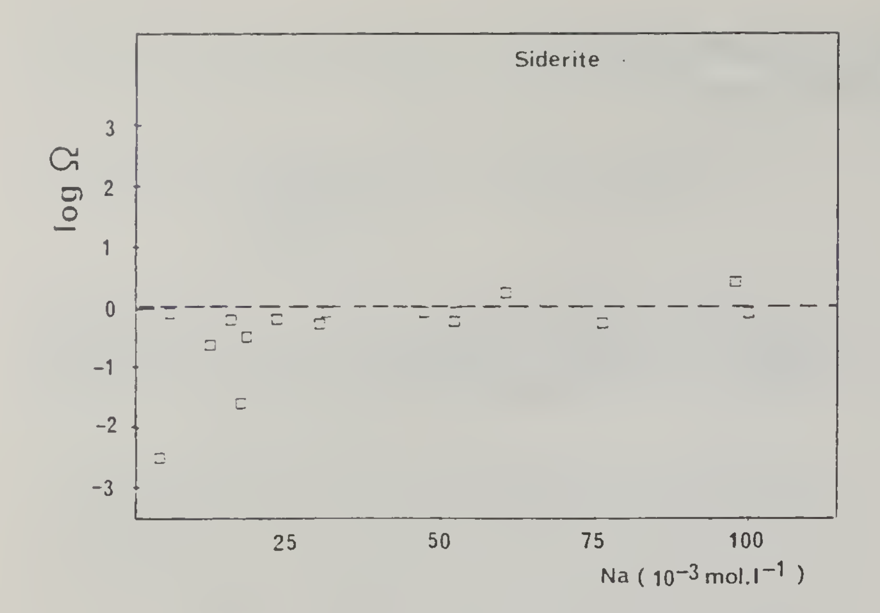
— en statique : description de la distribution des espèces chimiques simples et complexes en solution, calcul de l'état de saturation d'une eau par rapport à un ensemble de minéraux ;

— en dynamique : calcul de l'évolution de la composition chimique d'une eau en contact avec une roche de composition minéralogique donnée, et bilan des dissolutions et des néoformations de minéraux à tout état d'avancement de la réaction.

Des programmes informatiques de calcul sont actuellement disponibles pour ces deux types de problèmes. Ils ne sont toutefois pas toujours bien adaptés aux problèmes géologiques posés (éléments chimiques absents du calcul, variations des paramètres physiques comme la température non prise en compte).

Pour les deux types d'approche, nous avons donc été amenés à adapter des programmes préexistants :

— en statique : à partir du programme WATEQF, nous avons étendu le calcul à 10 éléments supplémentaires (Cd, Zn, Pb, Co, Ni, Cr, Cu, As, Sb, Ge). As (+ III et + V) et Sb (+ III et + V) présentent un intérêt en tant que traceurs de l'oxydo-réduction dans les eaux naturelles, et tous ces éléments doivent être étudiés dans l'application de l'hydrogéochimie à la prospection minière, un exemple montrant l'évolution à l'équilibre avec la sidérite lors d'un mélange est présenté dans la figure ci-après ;



Degré de saturation par rapport à la sidérite en fonction de Na, choisi comme indicateur de mélange, dans les eaux de Vals-les-Bains.

— en dynamique : nous avons introduit la modélisation des variations de température dans le programme Pathi (simulation des interactions eaux-roches à température constante). Cette adaptation permet une approche théorique des phénomènes de dissolution et de précipitation lors de l'exploitation d'un doublet géothermique, dans l'étude de l'hydrothermalisme provoqué par les stockages de déchets radioactifs souterrains, ou dans la genèse des minéralisations hydrothermales.

Références :

BOURG A., OUSTRIERE P., SUREAU J.-F. (1983). — Étude expérimentale et théorique du colmatage des fissures en milieu granitique par précipitation de minéraux. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 860 STO.

CRIAUD A. (1983). — Phénomènes d'oxydo-réduction et métaux en trace dans les eaux minérales carbogazeuses du Massif central. Thèse 3° cycle, Paris VII, 181 p.

HELGESON H.-C., GARRELS R.-M., MACKENZIE F.-T. (1969). — Evaluation of geochemical processes involving mineral and aqueous solutions. II : Applications. *Geoch. Cosmoch. Acta.*, 32, pp. 853-877.

PLUMMER L.-N., TRUESDELL A.-H., JONES B.-F. (1976). — WATEQF — A fortran IV version of WATEQ, a computer program for calculating chemical equilibrium of natural waters. U.S.G.S. WRI, 76-13, 61 p.

RS. 1618

Test de prospection hydrogéochimique : secteur de la Haie Claire et de la Rousselière (Maine-et-Loire)

Hydrogeochemical prospecting test : Districts of la Haie Claire and la Rousselière (Maine-et-Loire)

P. OUSTRIÈRE
D. ARTIGNAN

Les études effectuées les années précédentes sur l'hydrogéochimie en tant que méthode de prospection ont montré, dans différents contextes minéralisés, qu'on peut observer au voisinage des gîtes métalliques des concentrations assez fortes en métaux (quelques dizaines de ppb).

Cette méthode doit encore, avant un passage au stade opérationnel, être étudiée sous deux aspects :

— Meilleure approche des mécanismes fondamentaux du passage en solution du soufre et des métaux associés : ce travail fait actuellement l'objet d'une thèse qui doit permettre de mieux définir ce qu'est une « anomalie hydrogéochimique », comment elle peut naître et disparaître en liaison avec les phénomènes de néoformation de minéraux et d'adsorption.

— Adaptation des méthodes de prélèvement et d'analyses aux impératifs opérationnels : les techniques de prélèvement et d'analyse utilisées classiquement imposent la filtration sur le terrain d'une grande quantité d'eau (de l'ordre de 1 l par échantillon). Ce temps de filtration est extrêmement pénalisant du point de vue du coût des campagnes d'échantillonnage. Il est donc nécessaire de réduire le volume prélevé, sans pour autant perdre l'information nécessaire à l'interprétation des analyses.

Le test effectué dans les secteurs de la Haie Claire et de la Rousselière constitue une première approche de ces problèmes. L'intérêt de ces deux zones réside dans l'existence de minéralisations reconnues par forages, sans travaux miniers (source de pollution par les résidus d'exploitation). D'autre part, les données géochimiques en sols et sédiments de ruisseaux peuvent être comparés avec les résultats de chimie des eaux.

Au total, 100 échantillons d'eaux ont été prélevés, soient 92 autour de la Haie Claire, et 8 dans le secteur de la Rousselière. 70 d'entre eux représentent de petites émergences à faible débit (débuts de ruisseaux). Les 30 autres sont des puits. Sur le terrain 100 ml d'eau ont été filtrés et acidifiés, après mesure du pH, du Eh et de la conductivité. La densité d'échantillonnage est de l'ordre de l'échantillon/km^2.

Les éléments suivants ont été dosés par adsorption atomique au four : Zn, Cu, Pb, Fe, Al.

Un premier examen des résultats, basé sur la répartition des teneurs en Zn et Cu, montre que ces métaux sont présents en quantité plus importante au voisinage des deux minéralisations reconnues par sondage (la Haie Claire, *cf.* fig. 1 et la Rousselière). Un autre secteur, situé

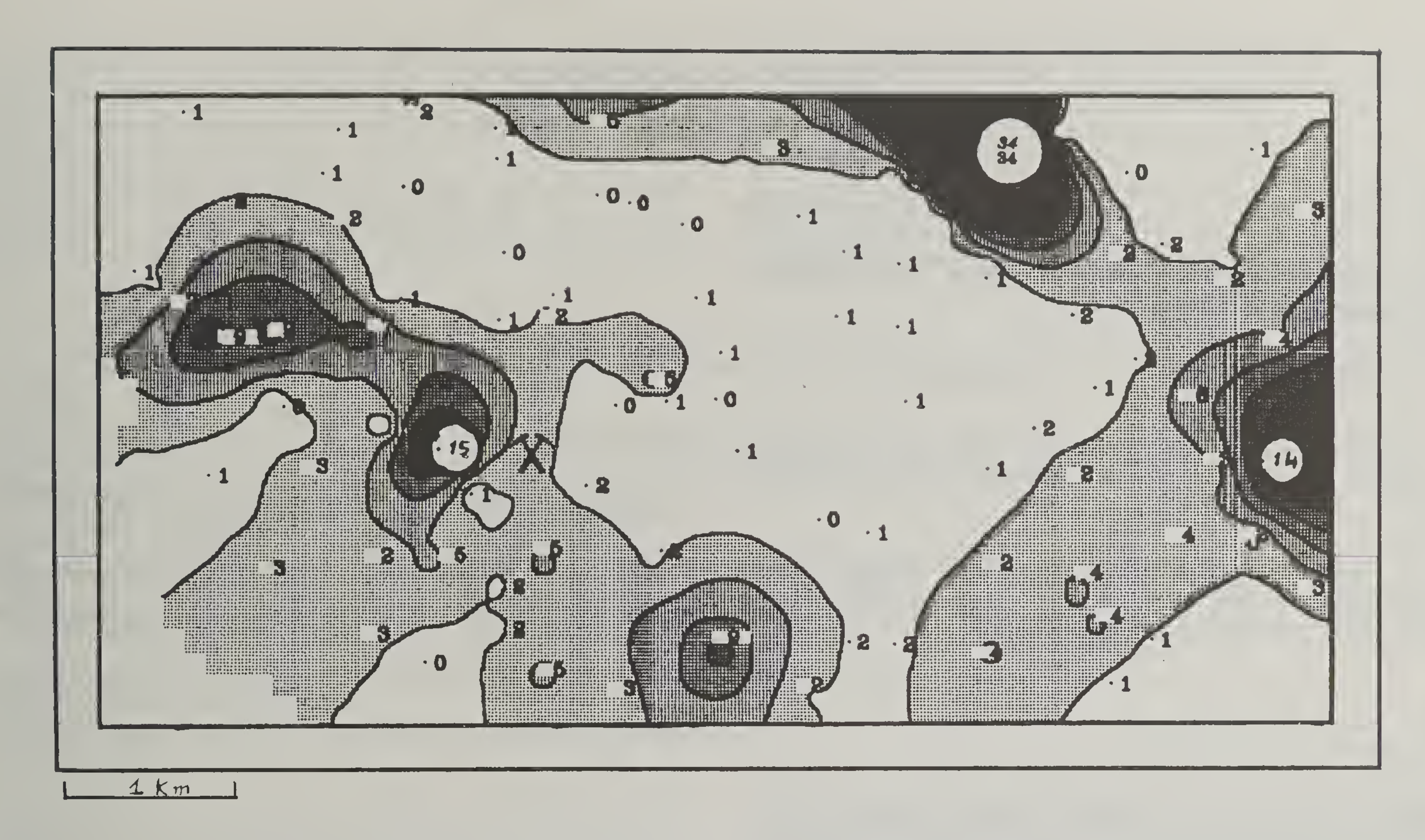


Fig. 1. — Report des teneurs en Cu (ppb) autour du gîte de la Haie Claire (⚒).

au nord-est de la Haie Claire, montre également de fortes teneurs.

Une étude détaillée est en cours et doit permettre notamment de comparer ces résultats aux anomalies déjà obtenues en prospection sol et stream.

Cet échantillonnage sert également aux analystes pour calibrer les mesures des éléments métalliques par plasma ICP. Le développement de cette méthode multiélémentaire est d'un intérêt évident pour la prospection hydrochimique.

Références :

LELEU M., OUSTRIÈRE P., SARCIA C., SUREAU J.-F. (1982). — Utilisation de l'hydrogéochimie en prospection des gîtes cachés. Rapport final CEE, juillet 1982.

VANDELANNOOTE R., BLOMMAERT W., SADURSKI A., VAN'TDACK L., GIJBELS R., VAN GRIEKEN R., BOSCH B., LELEU M., ROCHON J., SARCIA C., SUREAU J.-F. (1984). — Trace-elemental anomalies in surface water near a small lead-zinc mineralization at Menez-Albot (Brittany, France). *Journal Geoch. Exploration,* 20, pp. 33-46.

Environnement

RS. 1619

Pollution particulaire dans l'atmosphère et santé humaine

Particulate matter in the atmosphere and human health

J. BIGNON *
G. DUFOUR **
A. GAUDICHET **
J. GONI
G. MONTCHAUX **

Dans ce travail, nous développons les causes importantes des effets biologiques des poussières minérales inhalées.

Ce type de recherche exige une équipe multidisciplinaire où coopèrent cliniciens, pathologistes, épidemiologistes, minéralogistes et analystes.

Référence :

Programme UNESCO, publication du livre sur *« Lithosphère et Environnement »*. Chapitre 12 (25 pages)) sous presse.

* Groupe de recherche sur les affections respiratoires, ERA-CNRS 845 Hôpital H. Mondor, 94010 Créteil
** L.E.P.I.-D.A.S.S. - 44, rue Charles Moureu, 75013 Paris

RS. 1620

Mésothéliomes chez des rats à la suite d'inoculation avec du chrysotile-amiante et d'autres fibres minérales ayant subi une lixiviation acide

Mesotheliomas in rats following inoculation with acid-leached chrysotile asbestos and other mineral fibers

G. MONCHAUX * - J. BIGNON **
M.C. JAURAND ** - J. LAFUMA ***
P. SEBASTIEN * - R. MASSE ***
A. HIRSCH ** - J. GONI

Ces recherches montrent que l'induction de mésothéliomes cancérigènes pleuraux par les fibres d'amiante chrysotile, n'est pas seulement une fonction de la taille des particules mais également d'autres paramètres comme la composition chimique et les propriétés physicochimiques des poussières.

Référence :

CARCINOGENESIS, 2, N° 3, 1981 pp. 229-236

* L.E.P.I.-D.A.S.S. - 44, rue Charles Moureu, 75013 Paris.
** Groupe de recherche sur les affections respiratoires, ERA-CNRS, 845 Hôpital H. Mondor, 94010 Créteil.
*** C.E.A. - Service Toxicologie Expérimentale, BP 6, 92260 Fontenay-aux-Roses.

RS. 1621

Recherche de formations géologiques à très faible perméabilité pour le dépôt de déchets industriels dans la région Rhône-Alpes

Rhône-Alpes region — identification of low permeability geological formation for industrial waste disposal

P. BEAUDUC
A. MALATRAIT
M. MARTELAT
G. RAMPON

La région Rhônes-Alpes, en raison du contexte géologique et de la jeunesse des mouvements tectoniques l'ayant affecté, présente peu de formations détritiques à éléments fins (argile). Bien que ce soit une importante région à vocation industrielle lourde, notamment chimique, elle ne dispose pas de site de décharge industrielle de classe 1 (circulaire du 22 janvier 1980).

Sous l'égide de la Direction régionale de l'industrie et de la recherche avec des financements de l'Etablissement public régional, de l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets et l'Agence financière de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, le B.R.G.M. a été chargé d'une étude en deux parties :

• nomenclature des formations géologiques à faible perméabilité avec appréciation des fourchettes de valeurs à leur attribuer. Différents critères ont également été pris en compte (éloignement des centres producteurs de déchets, limite haute d'altitude) ;

• réalisation de deux campagnes d'essais de perméabilité in situ destinés à vérifier la valeur des critères présentés. Quelques 21 essais par la méthode du double anneau de Muntz ont été exécutés.

Sur les 16 formations ayant fait l'objet des 21 essais de perméabilité, seules deux présentent des valeurs de l'ordre de 10^{-9} m/s ; ce sont les argiles tertiaires de la plaine du Forez (secteur de Chalain-le-Comtal) et les marnes pliocènes de Bresse (secteur de Viriat).

Références :

82 SGN 291 RHA
82 SGN 987 RHA
83 SGN 729 RHA

RS. 1622

Détermination des faibles perméabilités in situ ; développement de technologies en vue de l'exploitation des méthodes d'injection à niveau constant : méthode de Muntz - méthode Nasberg Terletskata

In situ low permeabilities determination technologies development using constant level injection method (Muntz method - Nasberg Terletskata method)

M. MARTELAT

Le Service géologique régional Rhône-Alpes du B.R.G.M. a conçu et réalisé un dispositif automatisé permettant la détermination des très faibles perméabilités in situ. Ces travaux ont été entrepris à la demande du département environnement du B.R.G.M.

Cet appareillage est prévu pour la mise en œuvre des méthodes d'injection à niveau constant :

— méthode de Muntz

— méthode de Nasberg Terletskata

Il s'agit d'une adaptation d'un matériel précédemment mis au point. Celui-ci était capable d'atteindre des valeurs de perméabilité minimale de 10^{-7} m/s.

Les améliorations apportées concernent :

— la détection des variations de niveaux qui s'effectue au moyen d'une sonde résistive. Avec la méthode de Muntz, les variations de niveau dans l'anneau central sont amplifiées dans un rapport de 885.

— une pompe doseuse actionnée par l'intermédiaire d'un relais amplificateur qui compense en permanence l'eau consommée par l'infiltration afin de rétablir le niveau initial.

— l'utilisation d'un compteur-imprimant sur lequel sont comptabilisés les apports.

On obtient pour chaque pas de temps présélectionné l'impression de la hauteur de lame d'eau ou du volume d'eau infiltré.

Cet appareil permet de mesurer les perméabilités de Darcy avec les seuils supérieurs suivants :

— Méthode de Muntz $k \leqslant 8.10^{-6}$ m/s

— Méthode de Nasberg Terletskata : $k \leqslant 3.10^{-7}$ m/s

La sensibilité de détection des variations de niveau est inférieure à 1 μ.

Référence :

Rapport B.R.G.M. 83 SGN 862 RHA.

RS. 1623

Mise au point d'une technique de tri de produits morcelés par mesure rapide et précise des densités : application à la récupération de déchets de carbure de tungstène

Setting up of a sorting technique by quick and precise determination of density of scrap materials : application of the recovery of used tungsten carbide pieces

F. CLIN

C.E.E. : Appel d'offre « Matières Premières ». Sous programme : « Recyclage des métaux non ferreux ». Convention particulière n° RNF 009F (R.S)

Partenaire industriel : EUROTUNGSTENE POUDRES.

Dans le cadre du programme de recherches européennes sur le recyclage des déchets métalliques, avec l'aide de l'Agence nationale pour la valorisation de la recherche, et en concertation avec l'industrie utilisatrice, le départe-

ment Minéralurgie du B.R.G.M. a entrepris la mise au point d'une technique originale de tri de produits morcelés par mesure rapide et précise des densités. L'une des premières applications industrielles d'un tel procédé serait la sélection automatique de différentes nuances de plaquettes usagées d'outils de coupe en carbure de tungstène frités. En effet, la distribution des classes densimétriques de tels déchets recouvre en fait une répartition de teneurs en métaux nobles comme le titane, le tantale, le niobium, etc... : la sélection selon le critère de densité des grandes classes enrichies spécifiquement en un métal est donc un atout très important pour le recyclage métallurgique ultérieur.

Toutefois, les écarts relatifs des densités à discriminer ainsi que leurs fortes valeurs (toujours supérieures à 10) nécessitent de concevoir une technique totalement nouvelle. La voie de développement retenue est étudiée au travers d'un prototype industriel susceptible de trier de l'ordre de mille pièces par heure avec une précision de l'ordre du pour-cent sur la définition des densités. L'unité expérimentale intègre ainsi :

— un module de distribution unitaire de pièces à trier, quelles que soient leur forme et dimension ;

— un module de transferts mécaniques des pièces entre les différents organes de mesure et de tri ;

— un module de pesée automatisée à l'air ;

— un module de pesée automatique en milieu liquide des pièces soumises à la poussée d'Archimède ;

— un module de traitement électronique des signaux, de calcul et de prise en mémoire des densités ainsi que de commande des sélecteurs de tri ;

— un module de tri mécanique soumis aux instructions du centre de calcul permettant le classement des produits selon des classes densimétriques préalablement sélectionnées.

RS. 1624

Échantillonnage des déchets industriels : approche théorique, recommandations et exemples pratiques

Sampling of industrial wastes : theorical approach, practical recommandations and examples

F. CLIN
J.-M. BLANCHARD *
F. COLIN **

Action concertée : Secrétariat d'Etat à l'Environnement : Opération n° 223.01.81.54169. Comité thématique : « Milieux physiques ». Groupe de travail « sol ».

L'étude des méthodes d'échantillonnage spécifiquement adaptées au cas des déchets physiquement et chimiquement hétérogènes a été réalisée pour le compte du Secrétariat d'Etat à l'environnement dans le cadre du comité thématique « Milieux physiques », groupe de travail « sol ». Les principales étapes de cette étude méthodologique ont été les suivantes :

1) Approche théorique des problèmes d'échantillonnage de la matière :

Rappels des définitions, notions d'hétérogénéité, récapitulation des différentes aires d'échantillonnages, approches probabilistes ou variographiques.

2) Etablissement d'une typologie des cas de déchets à échantillonner :

Présentation des critères nécessaires à cette classification. Définition d'une typologie.

3) Inventaire des techniques et moyens disponibles pour l'échantillonnage des déchets

— cas des déchets liquides,

— cas des déchets mous

— cas des déchets solides.

4) Définition de procédures types et de leurs champs d'application :

46 cas types de problèmes d'échantillonnage ont été retenus comme couvrant la quasi totalité des problèmes d'évaluation de déchets compte tenu des principaux critères caractéristiques : état physique et phases constitutives, stabilité physique, dimensions de l'objet à échantillonner, masse du déchet.

Pour chaque cas, une procédure-type est préconisée.

5) Exemples de démarches expérimentales d'échantillonnage à partir de déchets industriels.

Une approche probabiliste a permis de traiter un premier exemple à partir de déchets de sables d'une fonderie de moteurs de camions : on s'aperçoit que l'hétérogénéité de constitution de ces types de déchets nécessiterait de prélever un échantillon de 574 tonnes pour que l'erreur fondamentale d'échantillonnage soit du même ordre de grandeur que celle de l'analyste de laboratoire. Un plan d'échantillonnage stratifié avec concassage permet en fait d'atteindre la même précision à partir d'échantillons de l'ordre d'une tonne.

A travers un second exemple portant sur l'étude d'un dépôt de déchet de l'industrie du sel et de la soude, il a été mis en évidence l'apport de la géostatistique dans

* I.N.S.A. Institut national des sciences appliquées de Lyon, 20 avenue Albert-Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex,
** I.R.H. Institut de recherches hydrologiques, 10, rue Ernest-Bichat, 54000 Nancy.

l'échantillonnage d'un lot à structure cachée et assimilable à deux dimensions spatiales.

6) Bibliographie critique :

Une analyse critique du docteur P. GY a été construite sur des documents traitant du sujet et émis par l'US Environmental-Protection Agency.

Référence :

Echantillonnage des déchets industriels : aspects théoriques et exemples pratiques. F. CLIN:, J.-M. BLANCHARD., F. COLIN. Communication présentée au Symposium « Protection des sols et devenir des déchets ». La Rochelle 22.23.24 novembre 1983.

RS. 1625

Centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine (Aube). Réaménagement des gravières de Port-Saint-Nicolas

Nogent-sur-Seine (Aube) nuclear power station
Restoration of the Port-Saint-Nicolas gravel fits

P. ANDRE
A. MENIGOZ
J.-M. SIONNEAU

E.D.F., Région d'équipement de Paris, avait confié au Bureau de recherches géologiques et minières, Service géologique Ile-de-France, au cours des années 1979 à 1981, les études de recherche de matériaux sablo-graveleux pour approvisionner le chantier de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine (Aube), ainsi que l'étude d'impact de l'exploitation.

A la fin de la période d'exploitation des gravières, le B.R.G.M. s'est vu confié la maîtrise d'œuvre des travaux de réaménagement, les travaux étant réalisés par l'entreprise Razel.

Le projet initial de réaménagement prévoyait :

— la compensation des pertes de surface de terres à vocation agricole, évaluée à 23 hectares par la mise en valeur de bas fonds non cultivés jusqu'alors et la mise hors crue de zones périodiquement inondées,

— le réaménagement des plans d'eau en étangs piscicoles de pêche ou à vocation écologique (27 hectares).

Ce projet a dû être modifié en cours de travaux, afin d'assurer une mise hors crue décennale des terrains agricoles et de supprimer toute cuvette de rétention.

Il en est résulté un accroissement sensible d'environ 6 hectares des superficies traitées au niveau du réaménagement agricole et en contrepartie, une réduction des remblais prévus en fonds d'étangs.

Le réaménagement a commencé en août 1981 et s'est achevé en juillet 1983, après avoir subi trois périodes d'arrêt provoquées par les crues de la Seine.

La mise en culture des terres agricoles a donné des résultats satisfaisants au cours de la saison 1982/1983.

Au niveau des étangs, les plantations effectuées, et notamment les essences terrestres ont souffert au cours d'une crue de printemps non prévisible.

Les pertes subies ont été remplacées et la réception des travaux devrait avoir lieu au printemps 1984.

Références :

Projet d'exploitation de graves alluvionnaires à Port Saint-Nicolas. Etude d'impact. 79 SGN 680 IDF.

MOUSSIE B., WOJTKOWIAK F. — Recherche de graves alluvionnaires. 80 SGN 137 IDF.

MOUSSIE B. — Avant projet du réaménagement de la carrière de Port Saint-Nicolas. 81 IDF 022.

ANDRE P., MENIGOZ A., SIONNEAU J.-M. — Réaménagement des gravières de Port Saint-Nicolas. 84 SGN 087 IDF.

Enfouissement profond des déchets

RS. 1626

Etude expérimentale et théorique du colmatage des fissures en milieu granitique par précipitation de minéraux

Experimental and theoretical investigation of the clogging of fissures in granitic rocks by mineral precipitation

A. BOURG
P. OUSTRIERE
J.-F. SUREAU

Contrat C.E.A.

Cette étude avait pour objectif de préciser la nature des minéraux secondaires impliqués dans l'altération du granite à basse température (50-100 °C) et de fournir des valeurs de constantes cinétiques de dissolution des principaux minéraux constituant le granite.

Des expériences de lixiviation en réacteur ont permis d'évaluer les vitesses relatives de dissolution à 100 °C des principaux minéraux constitutifs d'un échantillon de granite de Fanay. Quel que soit le modèle cinétique utilisé (linéaire ou fonction de la proximité de l'état de saturation), on observe l'ordre suivant :

Anorthite > Albite > K-feldspath > Fe-biotite > Mg-biotite.

Une étude thermodynamique chimique et des calculs de bilan effectués à partir de la composition des fluides de lixiviation ont permis d'identifier les minéraux susceptibles de se lessiver et de précipiter. La silice présente sous forme dissoute dans le fluide de lixiviation provient en majeure partie de la dissolution des feldspaths et des phyllosilicates. Si du quartz est dissous, c'est en faible quantité. Dès que la concentration en silice dissoute est assez élevée, sa régulation semble être assurée par différents alumino-silicates, et peut être aussi par une forme de silice (le quartz pour les lixiviations à température constante, et la calcédoine lors du refroidissement de 100 °C à 50 °C).

Ces résultats sont en partie confirmés de manière qualitative par une expérience de percolation au travers d'une carotte fracturée de granite sur laquelle des observations ont été réalisées au microscope électronique à balayage.

Des simulations thermodynamiques de la lixiviation du granite de Fanay en milieu fermé et à température constante (100 °C et 50 °C) et durant un refroidissement de 100 à 50 °C) ont été effectuées. Un certain accord entre les domaines de concentration des différentes espèces, d'une part calculée et d'autre part observée dans les expériences de percolation, permet de justifier l'utilisation d'un tel modèle de transfert de masse. Des ajustements de cinétique des phénomènes pourraient encore y être apportés.

Tous ces résultats indiquent que la composition du fluide de lixiviation, et par conséquent les colmatages possibles dus aux phénomènes de précipitation, sont contrôlés non pas par des équilibres thermodynamiques, mais plutôt par des équilibres (« steady state ») cinétiques.

Références :

BOURG A., OUSTRIERE P., SUREAU J.-F. (1983). — Etude expérimentale et théorique du colmatage des fissures en milieu granitique par précipitation de minéraux. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 860 STO, 57 p.

BOURG A., OUSTRIERE P., SUREAU J.-F. (1984). — Experimental investigation of clogging of fissures and pores in granite. *Mineralogical Magazine, (sous presse).*

RISBSTEIN A., LEDOUX E., BOURG A., OUSTRIERE P., SUREAU J.-F. — Etude expérimentale et théorique du colmatage des fissures en milieu granitique. *Hydrogéologie - géologie de l'ingénieur (à paraître).*

RS. 1627

Calcul des variations dans le temps de la perméabilité d'un massif fracturé profond

Calculation of the permeability variations with time of a deef fractured massif

D. BILLAUX

Dans le cadre d'un contrat avec la C.C.E relatif à l'évolution future du milieu géologique au voisinage d'un dépôt souterrain de déchets radioactifs, le B.R.G.M. a étudié l'éventualité d'une variation de perméabilité du massif rocheux fracturé au cours des millénaires à venir.

Une méthode de calcul approchée a d'abord été définie pour apprécier l'influence de divers phénomènes géologiques sur la perméabilité à grande profondeur d'un massif fracturé. Deux massifs réels dont on pouvait estimer les caractéristiques profondes ont été pris comme exemple :

le granite de Fougères et les calcaires du Jurassique inférieur dans le Nivernais.

Après avoir étudié l'incidence possible de divers phénomènes géologiques, on a retenu les deux dont l'influence était la plus importante : une glaciation et une augmentation de la température en surface.

Pour ces deux phénomènes, les variations de contraintes induites ont été calculées à trois échéances (300, 10 000 et 100 000 ans), à partir d'hypothèses maximales sur l'ampleur de ces phénomènes, et dans deux cas de comportement du terrain (influence plus ou moins grande des contraintes verticales sur les contraintes horizontales).

On a ensuite calculé les variations de perméabilité à l'aide d'un programme (Pertri) basé sur la modélisation du comportement mécanique des fractures.

La validité des résultats obtenus a ensuite été discutée.

Référence :

BILLAUX D. (1983). — Étude des variations de la perméabilité avec le temps. Contrat C.C.E. n° 222.81.7 WAS-F (Rs). Rapport B.R.G.M. n° 83 SGN 189 GEG.

Fracturation naturelle et provoquée

RS. 1628

Etude structurale de la fracturation du granite de Saint-Sylvestre : mines de Fanay-Augères et de Margnac (Haute-Vienne)

Structural analysis of fractures in the Saint-Sylvestre granite : Fanay-Augères and Margnac mines (Haute-Vienne)

J.-L. BLES
P. DUTARTRE
J.-L. FEYBESSE
Y. GROS
P. MARTIN
avec la collaboration de
J. LANDRY

L'objectif de cette étude est de rechercher des guides pour extrapoler en profondeur des données de surface sur la fracturation. Elle a été réalisée dans le cadre d'un contrat à frais partagés entre la Communauté européenne de l'énergie atomique, le Commissariat à l'énergie atomique et le Bureau de recherches géologiques et minières (contrat n° 148-80-7 WAS-F-RS : fracturation profonde des massifs rocheux granitiques).

Le site d'étude a été choisi dans les mines de Fanay-Augères et de Margnac qui appartiennent à la COGEMA.

Au cours de cette étude, il a été effectué une analyse cinématique et une analyse statistique des orientations et des densités des petites fractures et des grandes failles qui affectent le granite namurien (326 M.A.) de Saint-Sylvestre.

Une partie des petites fractures est d'origine « précoce » car certaines sont cicatrisées par des aplites, pegmatites, microgranites et lamprophyres. Parmi les fractures sèches, joints et diaclases, certains correspondent à des fractures « précoces » non cicatrisées et d'autres sont des fractures « tardives » apparues avec les grandes failles au cours des phases tectoniques qui se sont exercées ultérieurement sur le granite.

La répartition des familles directionnelles issues de l'étude statistique est expliquée à l'aide des résultats de l'étude cinématique. Les directions des petites fractures et des grandes failles ne sont pas influencées par la profondeur ni par la granulométrie liée au faciès pétrographique du granite.

La densité des petites fractures appartenant aux diverses familles directionnelles n'est pas non plus influencée de façon significative par la profondeur. Seule la décompression de surface tend à augmenter le nombre de fractures obliques et peu inclinées mais son influence disparaît aux environs de 80 m de profondeur.

La densité des petites fractures de même direction que les grandes failles est généralement très forte jusqu'à des distances de 150 à 200 m de ces grandes structures. Cependant, à distance constante d'une grande faille, aussi bien horizontalement que verticalement, il semble possible de passer alternativement de zones très fracturées à des zones moins fracturées, les zones très fracturées étant toutefois les plus fréquentes et les plus développées.

Ces caractéristiques peuvent être expliquées par le fait que les petites fractures sont vraisemblablement apparues avant les failles pluri-kilométriques ; ces dernières n'auraient fait qu'emprunter les chemins constitués par les zones à forte densité de petites fractures (continuité métrique à hectométrique).

Pour définir en détail la répartition des densités des petites fractures d'origine précoce ou tectonique, il apparaît nécessaire d'utiliser des méthodes géostatistiques. Ces méthodes font l'objet d'une étude en cours.

Référence :

Rapport B.R.G.M. n° 83 SGN 426 GEO.

RS. 1629

Etude de la fracturation profonde des massifs granitiques d'après les résultats des galeries, forages et travaux antérieurs

Structural study of deep fracturation of granites according to galeries, drilling and previous works results

J.-L. BLES
avec la collaboration de
D. BONIJOLY

Cette étude documentaire a été effectuée avec l'aide financière de la Commission des Communautés européennes et du Commissariat à l'énergie atomique (contrat n°148-80-7 WAS-F-RS). Elle a pour but d'utiliser les données disponibles permettant d'appréhender l'évolution de la fracturation naturelle des massifs rocheux granitiques, de la surface vers la profondeur (évolution des directions et des densités des fractures avec la profondeur, relations entre petites fractures et grandes failles, conséquences de la décompression naturelle et artificielle des roches, relations entre venues d'eau et fracturation).

L'étude a porté sur le tunnel routier du Mont-Blanc, la galerie EDF Arc-Isère, le sondage profond d'Auriat et le massif pyrénéen de Bassiès ; au cours des vingt dernières années, ces quatre sites ont fait l'objet d'études géologiques et structurales détaillées.

Les grandes failles et les petites fractures montrent sensiblement les mêmes orientations en surface et en profondeur (1 000 à 2 000 m).

Au-dessous de quelques dizaines de mètres de profondeur, **il n'existe pas de variation significative de la densité des petites fractures quel que soit leur pendage.** Dans le forage d'Auriat, les fractures peu pentées, tardives, sont fréquentes lorsque les fractures subverticales sont peu nombreuses.

En général, les petites fractures sont plus denses près des grandes failles que dans les secteurs les plus éloignés de ces accidents (galerie Arc-Isère et tunnel du Mont-Blanc). Cependant cela n'est pas systématique et il arrive que de grandes failles ne soient pas accompagnées d'un développement de quelque importance de la petite fracturation de même direction.

La décompression des roches en surface provoque une augmentation sensible du nombre de fractures peu inclinées et ce jusqu'à 80 m de profondeur, dans le granite d'Auriat. Par contre, ces phénomènes de décompression ne semblent pas engendrer une augmentation particulière du nombre de fractures à pendage fort. Ceci correspond bien à ce que l'on observe généralement dans les granites près de la surface, à savoir un développement de fractures approximativement parallèles à la surface topographique.

Dans la galerie Arc-Isère et surtout dans le tunnel du Mont-Blanc, les phénomènes de décompression de la roche consécutifs au creusement des cavités, sous une épaisseur de couverture variant de 1 800 à 2 200 m, se sont traduits par l'apparition de fissures qui ont entraîné l'exfoliation du granite dans les parements des galeries. Cette exfoliation s'est développée préférentiellement dans les zones où les fractures naturelles étaient peu fréquentes ou inexistantes.

Dans les galeries des Alpes (Arc-Isère et Mont-Blanc), les venues d'eau sont liées aux grandes failles qui traversent les granites et parfois à la petite fracturation qui leur est associée.

Dans le forage d'Auriat, pratiquement toutes les failles et les petites fractures sont colmatées par des cristallisations de quartz, de calcite ou par des argiles d'origine hydrothermale. Ce colmatage hydrothermal qui pourrait être une des caractéristiques de l'Ouest du Massif central, entraîne des perméabilités extrêmement faibles qui décroissent assez régulièrement depuis la surface ($K = 6 \times 10^{-9}$ m/s) vers la profondeur ($K \; 1 \times 10^{-12}$ m/s de — 540 à — 1 000 m). Toutefois, aux environs de — 300 m et de — 370 m, des perméabilités 10 à 100 fois supérieures aux perméabilités moyennes de leur environnement immédiat paraissent liées à des niveaux très fracturés.

Référence :

BLES J.-L. et coll. (1983). — Fracturation profonde des massifs rocheux granitiques : Etude documentaire. Rapport C.C.E/C.E.A./B.R.G.M. n° 83 SGN 858 GEO.

RS. 1630

La fracturation du massif granitique de Fanay-Augères (Haute-Vienne)

E. DURAND
B. FEUGA
D. LASSAGNE

The fracturing of the Fanay-Augères granite (Haute-Vienne)

Dans le cadre aussi bien de ses propres programmes de recherches que d'opérations financées par des organismes extérieurs (D.G.R.S.T., C.C.E.), le B.R.G.M. a été amené depuis plusieurs années à réaliser de nombreuses études sur les granites, ces études concernant essentiellement les aspects « fracturation », « hydraulique » et « mécanique des roches ». A ce titre, une quantité exceptionnelle de données a été recueillie sur la mine de Fanay-Augères, située dans le massif granitique de Saint-Sylvestre, à une vingtaine de kilomètres au nord de Limoges, et appartenant à la COGEMA (division minière de la Crouzille).

A l'occasion d'un travail de fin d'études à l'Ecole des mines de Paris (option géologie de l'ingénieur, 4° année) a été effectuée une synthèse générale, centrée sur la fracturation, des travaux réalisés à ce jour sur la mine de Fanay-Augères. Les données disponibles ont été complétées par de nouveaux levés visant à recueillir des données quantifiées concernant la géométrie et la morphologie des fractures (en particulier longueur, épaisseur, écartement, connexion entre plans,...), la connaissance de ces paramètres — qui n'avaient pas fait jusqu'à présent l'objet d'observations systématiques — étant apparue indispensable en vue d'applications concernant en particulier l'hydraulique souterraine.

Ce travail se divise en deux parties :

1) Présentation synthétique des résultats acquis à ce jour sur les différents aspects de la fracturation et sur l'état de contrainte du massif de Fanay-Augères. Ont été compilés en particulier :

— les levés structuraux en différents points du massif, en surface et en profondeur (galeries), ayant permis aux structuralistes d'étudier la dynamique du massif et de connaître la chronologie des différents épisodes tectoniques ;

— les mesures des contraintes et des perméabilités réalisées in situ en 1982-1983 par les géotechniciens et hydrogéologues. Les géotechniciens ont ainsi cherché à comparer les résultats obtenus par essai à des modèles de calcul, prenant en compte les levés structuraux, notamment en ce qui concerne le calcul du tenseur de perméabilité. La comparaison des résultats a montré des écarts importants quant aux valeurs, dus aux trop grandes simplifications apportées au modèle, les levés étant apparus comme insuffisamment adaptés au problème posé.

2) Présentation des résultats d'un levé structural très détaillé sur un secteur limité en galerie, afin de relever et quantifier toute une série de paramètres pour chaque fracture.

Une série de traitements statistiques sur chaque paramètre par famille (structure, continuité, espacement, épaisseur, ouverture libre) et des essais de corrélation entre ces différents paramètres ont été effectués, dans le but de :

- mieux caractériser chaque famille de structures ;
- définir tout d'abord, de manière qualitative mais plus réaliste, la conductivité hydraulique de chaque famille, en tenant compte de la dimension et des variations de chaque paramètre, l'attribution de cœfficients de pondération ne pouvant se faire que par la suite.

Ces données seront introduites dans un programme de génération d'un champ de fractures. Sur ce champ de fractures artificiel, mais présentant toutes les caractéristiques statistiques de la fracturation réelle, sera étudié le phénomène dit d'« effet d'échelle », en préalable à la réalisation d'une campagne de mesures de perméabilité in situ intéressant des volumes de dimensions croissantes (opération programmée en 1984 sur ce même site).

Les résultats de ces essais seront comparés au nouveau modèle, dont on attend qu'il soit plus représentatif de la réalité que ceux utilisés jusqu'à ce jour.

Références :

LASSAGNE D. — Essai de caractérisation du milieu fracturé en massif granitique ; site de Fanay-Augères (Haute-Vienne). Rapport B.R.G.M. n° 83 SGN 576 GEG

BERTRAND L., DURAND E., FEUGA B. — Étude de la fracturation naturelle et détermination de l'état de contrainte en massif rocheux par différentes méthodes ; site de Fanay-Augères (Haute-Vienne) — Rapport sur l'action concertée VRSS « Fracturation naturelle et fracturation provoquée » décision d'aide n° 81.D.0474 — n° du rapport : 83 SGN 653 GEG.

RS. 1631

Influence d'une injection préalable en milieu hétérogène sur les conditions de fracturation hydraulique

Influence of a preliminary injection on the hydraulic fracturing conditions in a heterogeneous environment

M. BELGACEM
E. DURAND
P. MASSAL

Dans le cadre du Groupement pour l'étude de la gazéification souterraine (G.E.G.S.), le B.R.G.M. a été chargé de déterminer l'influence, lors de l'infusion d'un puits, d'un contraste de perméabilité charbon-éponte sur les conditions de fracturation d'une couche de charbon.

La couche de charbon prise en compte est située à 1 000 m de profondeur. Elle est horizontale et présente une épaisseur de 2 mètres. Le milieu est soumis à des contraintes initiales à composantes principales verticales et horizontales.

Les calculs ont été effectués avec des contrastes de perméabilité (K éponte/K charbon) de 10, 1, 0.1 et 0.01. Ils ont été éxécutés en axisymétrie et en régime transitoire (à débit constant).

Ils comportent un calcul des perturbations de potentiel hydraulique induites par l'infusion sur le puits (calcul effectué à différents pas de temps) et un calcul mécanique définissant les effets mécaniques liés aux forces d'écoulement découlant du calcul hydraulique précédent.

D'une manière générale, l'infusion provoque, dans tous les cas d'hétérogénéité de perméabilité pris en compte, une modification de contrainte favorable à la création et au développement d'une fracture hydraulique d'orientation verticale.

L'effet mécanique de l'infusion est assez rapidement atteint dans le massif si la couche de charbon est plus perméable que le milieu encaissant.

Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque les épontes sont plus perméables que la couche de charbon, les effets de l'infusion dans l'encaissant ne se stabilisent qu'au bout d'une période assez longue. Les calculs montrent que dans ce cas, il convient de ne pas prolonger trop longtemps l'infusion pour diminuer les risques d'extension de la fracture hydraulique dans les épontes.

Sécurité

RS. 1632

Recherches régionales et spécifiques de sismicité historique dans le monde

Regional and specific research on the history of world seismicity

J. VOGT

De temps à autre, les circonstances conduisent à faire le point de la sismicité historique et de ses problèmes de méthode pour un pays ou pour une crise majeure. Ce besoin est lié à l'insuffisance souvent flagrante des catalogues classiques et des banques de données qu'ils inspirent, faute d'un large esprit de critique constructive et d'innovation. Autrement dit, discussion du risque sismique et génie sismique risquent d'être en porte-à-faux, avec un problème de responsabilité, parfois méconnu par des esprits trop étroitement scientifiques. Sont donnés quatre exemples, en mettant l'accent sur des préoccupations différentes.

Le point est fait pour le Cameroun, en traitant de la sismicité de la région du Mont-Cameroun (avec une reconstitution détaillée de la remarquable crise de 1909), de l'activité diffuse du Sud et du Centre et du séisme survenu le 12-9-1945 dans la région d'Ouesso.

En Arabie, où il n'est souvent fait appel qu'au seul catalogue de Sieberg, où fleurit la pratique des « emprunts bibliographiques », s'impose une large révision de sismicité historique. A titre d'exemple, plusieurs séismes sont relatés par une chronique yéménite publiée en... 1906, que les spécialistes semblent avoir longtemps perdue de vue, et qui est précisément susceptible d'éclairer le récent tremblement de terre destructeur et son contexte sismotectonique. Fort à propos, un marin de passage à Mocca évoque la sismicité de son arrière-pays à la fin du XVIII° siècle : « ... Plusieurs fois pendant mon séjour en Arabie la terre a tremblé et même assez violemment. Une petite ville située dans les montagnes à six heures, dans l'Est de Moka, a été complètement culbutée par un de ces tremblements. Moka s'en ressentit ; mais quoique les secousses ne fussent pas très fortes, cependant elles le furent assez pour me faire craindre la chute de ma maison... ». Les renseignements sommaires donnés par Sieberg pour la Mecque et Médine n'échappent pas à la critique. En particulier, il n'est pas exclu que lors d'un séisme en 1631 l'accent ait été mis à tort sur La Mecque. Un programme de travail a été préparé.

Aux Antilles a été repris l'examen du séisme majeur du 7-5-1842 (Hispaniola), en le situant dans une crise complexe, en mettant l'accent sur l'aire des répliques, en traitant des effets naturels, liquéfaction, crevasses, éboulements, sans exclure la possibilité de manifestations néotectoniques.

Une mise au point a précisément été consacrée aux mouvements de terrain associés aux séismes en Afrique du Nord, en traitant en particulier de la crise de 1755 au Maroc. Un propos général à un moment où tant de projets se ressemblent, en faisant parfois double emploi : c'est la sismicité historique qui est facteur de différenciation et critère de qualité.

Références :

VOGT J. — Sismicité et mouvements de terrain en Afrique du Nord, Méditerranée, *à paraître.*

VOGT J. — Un séisme majeur des Caraïbes, le tremblement de terre du 7 mai 1842 (Hispaniola), communication au Symposium de Caracas, *à paraître.*

RS. 1633

Révision de sismicité historique de la France et de ses confins.

Revision of the historical seismicity of France and its surroundings

J. VOGT

Le succès croissant du zonage et du génie sismique exige des données de plus en plus solides au fur et à mesure que ces démarches s'affinent. Un exemple récent (Savoie) montre que la discussion sismotectonique régionale se trouve facilement en porte-à-faux dès lors qu'est faite l'économie d'un examen approfondi de la sismicité historique. Fort à propos, le séisme majeur de 1692, réinterprété lors des « Rencontres d'Antibes », quatre jours avant le mémorable séisme liégeois du 8-11-1983, a permis de saisir l'actualité de la sismicité historique. En effet, cet événement est maintenant doté d'un précédent majeur, méconnu jusqu'ici, en raison d'erreurs de localisation de l'épicentre par les catalogues classiques.

A titre d'exemple, le point a été fait pour le séisme poitevin de 1083 qui a posé de redoutables problèmes d'exégèse, le « séisme » breton de 1870 dont la réalité a été mise en doute, et la crise du Tricastin il y a un demi-

siècle. Insistons sur ce dernier. Paradoxalement, une seule des secousses majeures était connue d'une manière satisfaisante. Le dépouillement de la presse et des archives du B.C.S.F. permet de mieux individualiser et définir ces événements. Le contexte (habitat, météorologie) appelle une appréciation prudente des intensités, avec une tendance à une légère baisse pour les secousses notables. En revanche, les secousses mineures connaissent une légère hausse. Globalement, se manifeste une tendance à l'extension des aires macrosismiques.

Les séismes actuels ont conduit à des mises au point pour des « précédents », en particulier pour contribuer à combler les lacunes de la connaissance de la sismicité à la fin du XIX[e] siècle. A cet égard, Bourbonnais, Maine et Alsace ont retenu l'attention.

Enfin, la réexploitation des archives du B.C.S.F. a multiplié une fois de plus les surprises, en permettant de réinterpréter à un ou plusieurs points de vue (déroulement des crises, localisation des épicentres, intensité épicentrale isoséistes, aire macrosismique) une dizaine de séismes, parmi lesquels il est possible de mettre en relief les tremblements de terre de l'Ouvèze en 1927 et 1952, de Bretagne du 15-10-1945 et les effets en France du séisme piémontais du 4-5-1958. A cet égard, s'impose un effort soutenu, dès lors que le dernier demi-siècle avait échappé pour l'essentiel à la révision au cours du Projet sismotectonique et de ses premiers prolongements.

Références :

VOGT J. — La sismicité du Tricastin 1934-1936. Données de base. Etude entreprise pour E.D.F. Rapport 82 RN-SIS, n° 45.

VOGT J. — Réexploitation d'archives du B.C.S.F. : Révision des effets en France d'un séisme atlantique (15.10.1945) et d'un séisme italien (4.5.1958). Rapport 83 RN-SIS, n°66.

VOGT J. — La sismicité de la fin du XIX[e] siècle aux confins Maine/Bretagne/Normandie. Rapport 83 RN-SIS, n° 79.

VOGT J. — Réexploitation d'archives du B.C.S.F. : Les séismes alpins des 17-4-1936, 23-3-1960, 29-5-1975. Rapport 83 RN-SIS, n° 78.

VOGT J. — Révision de deux séismes majeurs de la région Aix-la-Chapelle/Verviers/Liège ressentis en France (1504, 1692). Actes des « Journées de Sismicité Historique » des Rencontres d'Antibes (à paraître).

RS. 1634

Bilan macrosismique de la France en 1983

Macroseismic assessment of France in 1983

J. VOGT

L'intensification des recherches s'est poursuivie, grâce à la multiplication de sondages, en particulier lors des séismes mineurs.

Dans les meilleurs délais ont été préparés un tableau et une carte de cette activité. Le bilan annuel, en cours d'élaboration, comprendra une cinquantaine de rubriques et traitera une centaine d'événements.

A la différence des années précédentes, aucun événement ne saute particulièrement aux yeux, dès lors que n'a été noté, en France même, aucune intensité épicentrale supérieure à V. Bien entendu, cette remarque n'enlève rien à l'intérêt que la plupart de ces événements mineurs présentent pour la compréhension de la sismicité régionale dans son cadre sismotectonique.

Aussi bien les séismes de 1983 n'apportent-ils aucune modification notable à la carte des intensités maximales connues. Au demeurant, répétons-le, c'est la poursuite de la révision de sismicité historique qui ne cesse d'apporter une foule de précisions et de nuances qui appellent une urgente mise à jour.

Une fois de plus, l'activité macrosismique jalonne pour l'essentiel les bordures de la France. Si les Pyrénées occidentales connaissent une certaine rémission, après la remarquable activité des années précédentes, il convient de mettre l'accent sur la fréquente sismicité des confins ligures (moyenne vallée de la Roya), sur un semis de menus séismes dans les Alpes, sur la continuité de l'activité sismique de l'extrême Nord-Ouest de la Bretagne et sur les événements notables de Basse-Vilaine et du Maine.

Ailleurs, c'est la longue et originale crise limousine qui retient l'attention, avec sa « grappe » d'épicentres, présentée d'une manière quelque peu figurative. Notons aussi une activité diffuse en Poitou et une mini-crise dans la vallée de Munster.

Parmi les événements survenus hors de France, notons les effets, modestes, d'un séisme du Val d'Aran, d'un séisme alpin et, surtout, du tremblement de terre de Liège du 8-11-1983. Ce dernier a été ressenti avec une intensité de l'ordre de IV dans les régions de Thionville et Charleville-Mézières, en appelant une comparaison avec le séisme majeur du 18-9-1692, précédent par excellence. Heureuse coïncidence, ce précédent, méconnu jusqu'ici, en raison de localisations discutables de l'épicentre, par exemple à Malines, venait de faire l'objet d'une mise au point, ce qui souligne fort à propos l'actualité de la sismicité dite historique.

Rétrospectivement des cartes ont aussi été préparées pour d'autres années, en vue de la publication de plusieurs bilans par la B.C.S.F. Pour la même raison a été repris et diffusé le bilan 1978.

Références :

VOGT J. — Carte de la macrosismicité de la France en 1983. Rapport 83 RN-SIS, n° 83.

VOGT J. — Tableau de la macrosismicité de la France en 1983. Rapport 83 RN-SIS, n° 87. Rappels (sélection).

GODEFROY P., VOGT J., avec la collaboration de COURTOT P. — Bilan macrosismique de la France pour l'année 1978. Rapport 83 RN-SIS, 82.

VOGT J. — Bilan macrosismique de la France en 1980 : croquis d'orientation... Rapport 83 RN-SIS, n° 70.

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
1 janvier 19 h 2 T.U.	Environs d'Ayron (Poitou)	46,7°N 0,1°E	3.0	≥ II
A titre d'hypothèse 1 janvier 4 h 22 T.U.	Queyras	44,7°N 6,7°E	3.1	Faible
3 janvier 13 h 51 H.L.	Vallée d'Ossau	-	-	Bruit
5 janvier 10 h 16 H.L.	Lourdes	-	-	Faible
6 janvier 0 h 59 T.U.	Vallée d'Ossau	-	-	IV
7 janvier 0 h 35 H.L.	Lourdes	-	-	Faible
12 janvier 24 h 1/2 H.L.	Vallée d'Ossau	Enregistrements par le réseau d'Arette.		Bruit
14 janvier 6 h 37 H.L.	" "	-	-	Bruit
16 janvier 7 h 23 T.U.	" "	43,0°N 0,4°W	2.9	III
21 janvier 9 h 42 T.U.	Rochefort-la-Montagne Mont-Dore	45,7°N 2,9°E	3.7	≥ III
22 janvier 12 h 42 T.U.	Mont-Cenis Haute-Maurienne	45,2°N 7,1°E (Italie)	4.1	IV
23 janvier 18 h 23 T.U.	Avant-Pays béarnais (région d'Artix)	43,5°N 0,5°W	3.0	Faible

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
24 janvier 2 h 13 T.U.	Hardt de Haute-Alsace	47,9°N 7,4°E	3.2	faible
24 janvier 20 h 39 T.U.	Vallée d'Ossau et région d'Arthez d'Asson	43,1°N 0,4°W	3.7	V
24 janvier 21 h 17 T.U.	Mulhouse	47,9°N 7,4°E	3.1	II
25 janvier 19 h T.U.	Basse-Tarentaise	45,5°N 6,5°E	3.1	IV-V
A titre d'hypothèse 25 janvier 3 h 30 T.U.	Mulhouse	47,9°N 7,4°E	2.7	II
27 janvier 21 h 59 T.U.	Hardt de Haute-Alsace	47,9°N 7,4°E	2.4	faible
28 janvier 13 h 20 T.U.			2.7	Bruit
29 janvier 14 h 10 H.L.	Vallée d'Ossau	-	-	Bruit
2 février 7 h 11 T.U.	Vallée d'Ossau	43,0°N 0,4°W	2.3	Faible
3 février 2 h 48 T.U.	Franche-Comté (région de Sancey)	47,3°N 6,6°E	3.4	≥IV
5 février			2.9	III-IV ?
5 février			3.0	III-IV ?
6 février 5 h T.U.	Vallée d'Ossau	43,0°N 0,50°W	2.8	III
10 février 16 h 53 T.U.	"	43,1°N 0,3°W	2.7	III

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
20 février 2 h 49 T.U.	Basse vallée de l'Arve	46,1°N 6,5°E	3.1	≥ II
20 février 5 h 35 T.U.	Hardt de Haute-Alsace	47,9°N 7,4°E	3.2	Faible
24 février vers 16 h H.L.	Nord-Ouest de Bretagne	-	-	Faible
25 février 4 h 37 T.U.	Hardt de Haute-Alsace	47,9°N 7,4°E	3.3	Faible
Nuit du 27 au 28 février	"	-	-	Bruit
7 mars 17 h 17 H.L.	Nord-Ouest de Bretagne	-	-	Faible
9 mars 8 h 52	Cerqueux-sous-Passavant (Anjou méridional)	47,1°N 0,4°W	3.0	≥ II
20 mars - 16 h 01 T.U. - réplique (s) de la soirée - 21 h 50 T.U.	Seyne-les-Alpes	44,4°N 6,4°E	3.9 - 2.7	≥ V Faible III
20 mars 19h04 + 19h16 T.U.	Région de Bellac	46,2°N 1,0°E	2.4 + 2.5	Faible
21 mars 5 h 15 T.U.	Région d'Avoriaz	46,2°N 6,7°E	3.2	≥ IV
21 mars 16 h 45 T.U.?	Région de Bellac	46,2°N 1,0°E	3.0	Bruit
22 mars 7 h 54 T.U.?	Région de Bellac	46,2°N 1,0°E	2.3	Faible
13 avril 8 h 50 T.U.	Guillestre	44,7°N 6,5°E	3.1	III

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
14 avril 5 h 39 T.U.	Vallée d'Ossau			III
15 avril ? 4 h 11 T.U.? 4 h 43 T.U.?	Région de Bellac	46,2°N 1,0°E	2.7 2.8	Faible
17 avril 11 h 38 T.U.	Avant-pays Béarnais (région d'Artix)	43,4°N 7 °W	3.3	IV
20 avril 10 h 17 T.U.?	Région de Bellac*	46,0°N 1,0°E	2.5	Faible
21 avril 1 h 53 T.U.			4.0	≥IV
21 avril 4 h 7 T.U.				≤IV
5 h 59 T.U.			3.6	Faible
19 h 7 T.U.			3.6	IV ?
23 h 31 T.U.			3.8	IV ?
22 avril 3 h 55 T.U.	"		3.7	
4 h 44 T.U.	"		2.6	Faible
5 h 51 T.U.	"		2.7	Faible
23 avril 0 h 18 T.U.	Confins ligures	43,9°N 7,6°E	2.9	IV
26 avril 22 h 56 T.U. 22 h 58 T.U.	Thouarsais	46,9°N 0,3°W	3.0 2.7	II II
27 avril 8 h 55 H.L.	Confins des Pyrénées occidentales et hautes	-	-	III

* Les éléments relatifs à la crise limousine seront réexaminés avant la publication de ce tableau.

./.

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
3 Mai 3 h 11 H.L.	Vallée d'Ossau	-	-	Faible
4 juin vers 16 h H.L. vers 24 h H.L.	Vallée d'Ossau	- -	- -	Bruit II
6 juin 1 h 29 T.U.	Vallée d'Ossau Région d'Arthez d'Asson	43,1°N 0,5°W	4.1	V
8 juin 18 h 40 T.U.	Nord-Ouest de Bretagne	Enregistrement par G.I.S. Brest		Faible
12 juin 0 h 18 T.U.	Basse-Loire	47,3°N 0,6°W	2.9	Faible
14 juin 4 h 24 H.L.	Vallée d'Ossau	-	-	Bruit
16 juin 15 h 19 T.U.	Basse-Loire	48,5°N 4,4°W	3.6	≥ IV
18 juin 21 h H.L.	Vallée d'Ossau	-	-	Bruit
21 juin 5 h 45 T.U.	Gapençais	44,50°N 6,1°E	3.2	?
21 juin 15 h 3 T.U.	Ornans	47,2°N 6,1°E	3.0	IV
25 juin 14 h 55 T.U.	Basse-Loire	47,2°N 2,2°E	3.0	≥ IV
7 juillet	Confins Maine/ Bretagne/Normandie	48,4°N 1,1°W	4.2	≥ V

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
24 juillet 10 h 36 T.U.	Bas-Dauphiné	45,5°N 5,5°E	3.2	II ?
25 juillet 18 h 31	Briançonnais	44,9°N 6,5°E	3.0	V
26 juillet 10 h H.L.?	"	-	-	?
1 août 5 h 11 T.U.	"	45,0°N 6,4°E	2.5	Faible
14 août 15 h 36 T.U. 15 h 40 T.U.	Basse-Vilaine	47,6°N 2,0°W	4.0 3.3	IV/IV-V ≤ IV
27 août 23 h 29 T.U.	Au large d'Oléron	45,9°N 1,4°W	3.7	Peut-être faiblement ressenti aux Sables Vigniers
29 août 15 h 32 T.U.	Briançonnais	44,8°N 6,5°E	3.1	Bruit
10 septembre 8 h 9 T.U.?	Vivarais	44,7°N 4,4°E	2.7	?
13 septembre 23 h 26 T.U.	Ubaye	44,3°N 6,8°E	3.3	III
14 septembre 4 h 33 T.U.	Région de Bressuire	46,9°N 0,3°W	3.2	IV-V
19 septembre 5 h 35 H.L.	Argelès-Gazost	-	-	Faible
9 octobre 23 h 2 H.L.	Vallée d'Ossau	Enregistrement par la station d'Arudy de la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales		Bruit
10 octobre 15 h H.L.	"	"	"	Faible

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
13 octobre 8 h 52 T.U.	Moyenne Roya	43,9°N 7,5°E	3.0	Bruit
15 octobre 15 h 54 T.U.	Vallée d'Ossau	44,4°N 0,8°E	2.8	III
19 octobre 2 h 52 T.U.	" "	Enregistrement par la station S.A.P.O. et le réseau d'Arette		Faible
24 octobre	Région de Chaunay/ Sauzé-Vaussais (Poitou)	46,2°N 0,1°E	3.3	IV
24 octobre 21 h 31 T.U.	Hardt de Haute-Alsace	47,8°N 7,5°E	3.2	Faible
26 octobre 6 h 4 T.U.	Vallée d'Ossau	43,1°N 0,5°W	2.7	III
1 novembre 4 h T.U. 4 h 4 T.U.	Moyenne vallée de la Roya	43.8-9°N 7,6°E	3.1 2.7	⩾ IV III-IV
8 novembre 0 h 50 T.U.	Nord des Ardennes et région de Thionville	Séisme de Liège	4.9	⩽ IV
9 novembre 16 h 30 T.U.	Région de Nice Haute-Alsace	Séisme de Parme	5.5	III ? II
11 novembre 21 h 10 T.U.	Haute Tarentaise	45,5°N 6,9°E	3.5	IV
16 novembre 0 h 27 T.U.	Bellegarde	46,0°N 5,9°E	3.0	II ?
18 novembre 8 h 1/2 T.U.	Avant-Pays Béarnais (Artix)	-	-	Bruit

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
20 novembre 23 h 41 T.U.	Région de Niort	46,4°N 0,4°W	2.8	III-IV
28 novembre vers 18 h H.L. 4 décembre 17 h 35 T.U. 5 décembre - 9 h 52-53 T.U. - 10 h 40 T.U. - 10 h 43 T.U. 7 décembre 19 h 25 T.U. 9 décembre 10 h 25 H.L.	Moyenne vallée de la Roya*	43,6-9°N 7,5-9°E	 3.3 2.7-3.00 3.1 2.5 2.9 	Bruit III-IV? IV ? IV III Bruit
10 décembre 3 h 1/2 H.L.	Vallée d'Ossau	-	-	Bruit
11 décembre 4 h 35 H.L.	Moyenne vallée de la Roya	-	-	III ?
11 décembre - 16 h T.U. - 21 h 37 T.U.	Vallée de Munster	48,0°N 7,1-2°E	3.0 2.5	IV Bruit
12 décembre - 4 h 35 H.L. - 3 h 1/2 H.L.	Moyenne vallée de la Roya	-	-	III ? III ?
13 décembre 18 h 30 T.U.	Arthez d'Asson	43,0°N 0,0°W	2.6	IV
14 décembre - 5 h 1/2 H.L. - 7 h 1/2 H.L. 15 décembre - 5 h 59 T.U. - 17 h 57 T.U. - 19 h 39 T.U. - 20 h 57 T.U. - 22 h15-16 T.U.	Moyenne vallée de la Roya*	43,6-9°N 7,5-9°E	 3.1 2.6 2.6 2.4 2.7 et 2.9	 III ? II ? IV ? III ? III ? III ? IV

* On se limite à une sélection de secousses de la moyenne vallée de la Roya, en raison de nombreuses incertitudes qu'il serait malaisé d'exprimer sur un tableau.

DATE	REGION	COORDONNEES INSTRUMENTALES (L.D.G. EN GENERAL)	MAGNITUDE (L.D.G. EN GENERAL)	INTENSITE MAXIMALE CONNUE
16 décembre - 0 h 42 T.U. - 2 h 12 T.U.	Moyenne vallée de la Roya*	43,6-9°W 7,5-9°E	2.5 2.4	III ? III ?
Nuit du 16/17 décembre	Vallée d'Ossau	-	-	Bruit
22 décembre 18 h 12 T.U.	Ubaye	44,3°N 6,8°E	3.4	IV
25 décembre 16h 48 T.U.	Région de Lourdes	43,1°N 0,0°E	3.0	Faible

* Même remarque.

RS. 1635

Simulation des effets actuels du séisme provençal de 1909

Simulation of the present-day effects of the 1909 Provence earthquake

J. LAMBERT
J. VOGT

Cette étude de simulation, la première en France, a été entreprise pour le compte du Commissariat à l'étude et à la prévention des risques naturels majeurs. Compte tenu des caractéristiques du séisme du 11 juin 1909 qui, par son intensité (IX sur l'échelle MSK) et ses effets (destruction de bâtiments, victimes) est l'un des plus violents en France à l'époque moderne, l'objectif de cette étude est d'évaluer les conséquences de ce même séisme transposé le 11 juin 1982, afin de définir des ordres de grandeur des effets, qu'il s'agisse du nombre de victimes, des dommages aux constructions et aux infrastructures et des coûts, directs et indirects, qui en découlent.

Ce travail a été réalisé par une équipe pluridisciplinaire formée par plusieurs organismes, dont le Laboratoire central des ponts et chaussées (coordinateur de l'étude), le Centre d'étude technique de l'équipement — Méditerranée, la Société méditerranéenne d'ingénierie et le Bureau de recherches géologiques et minières.

Le concours de ce dernier a plus particulièrement porté sur la discussion critique des aires d'intensité caractérisées par des dommages notables (I à VIII MSK).

A cet effet, l'ensemble de la documentation soit disponible au B.R.G.M., soit mise à sa disposition par le CETE d'Aix-en-Provence a été repris et interprété, indépendamment des travaux antérieurs, en général contemporains du séisme.

Il en résulte, outre une esquisse méthodologique, indispensable à tous les travaux de ce type, une analyse approfondie des dégâts majeurs et des intensités correspondantes. Présentés sous forme de tableaux sommaires, ces constats, reflets de l'état actuel des connaissances, ont permis l'élaboration d'une carte différente de celles qui avaient été proposées jusqu'ici.

En particulier, l'aire VIII est moins digitée que sur plusieurs cartes antérieures dont les arguments sont parfois mal connus. Ces désaccords sont une raison, parmi d'autres, pour souhaiter des recherches plus approfondies sur cet événement majeur du début de ce siècle dans son contexte sismotectonique.

Référence :

L.C.P.C., C.S.T.B., C.E.T.E. Méditerranée, B.R.G.M., S.O.M.I. — Simulation du séisme de Rognes-Lambesc du 11 juin 1909. Rapport L.C.P.C, décembre 1983.

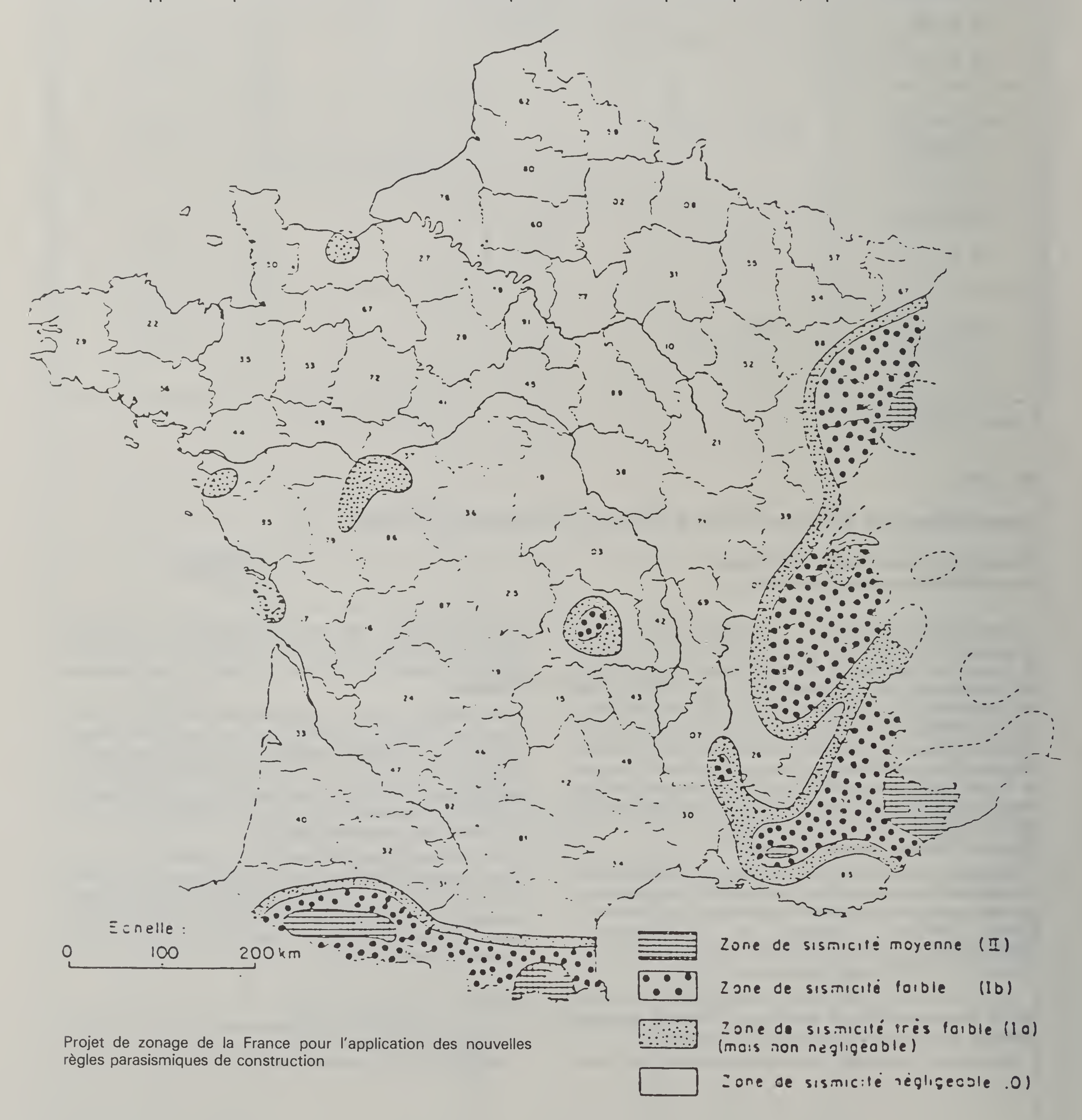
RS. 1636

Zonage sismique de la France pour l'application des nouvelles règles françaises de construction parasismique

Seismic zoning of France for application of the new french counter building regulations

P. GODEFROY *
J. LAMBERT *

Les progrès importants réalisés ces dernières années dans la connaissance de la sismicité historique et de la sismotectonique de la France ont permis de développer diverses approches pour l'évaluation de l'aléa sismique régional. En particulier, c'est grâce à l'élaboration d'un fichier informatisé rassemblant pour près des 5 000 séismes recensés depuis le Moyen-Âge toutes les données macrosismiques disponibles, que de nombreux traite-



Projet de zonage de la France pour l'application des nouvelles règles parasismiques de construction

ments statistiques ont été possibles : cartes automatiques d'intensités maximales, cartes d'iso-fréquences de secousses ayant atteint ou dépassé différents seuils d'intensité, cartes probabilistes d'aléa sismique.

Ces résultats ont pu être exploités pour la définition d'un zonage sismique de la France à petite échelle dans le cadre de l'application des nouvelles règles françaises de construction parasismique PS 84. Ce zonage est adapté à l'évolution des principes de prise en compte des actions sismiques dans cette réglementation.

Une méthodologie propre a été établie, fondée sur l'application de critères déterministes (connaissance de la sismicité historique et du contexte sismotectonique) et statistiques, afin de proposer une subdivision du territoire national en 5 « classes de sismicité », auxquelles correspondent différentes valeurs minimales des actions sismiques imposées forfaitairement par la puissance publique. Un programme de calcul spécifique a été créé pour la mise en œuvre de cette démarche, dont l'objectif est de garantir l'homogénéité du zonage à l'échelle de la France et de pouvoir en justifier clairement l'origine, grâce au choix de critères quantitatifs aussi objectifs et précis que possible. La méthodologie appliquée suppose cependant certaines approximations à diverses étapes ; elle reste donc critiquable d'un point de vue strictement scientifique mais défendable en raison des données disponibles et de l'objectif poursuivi. Au plan des méthodes comme des données, une amélioration permettant de réduire les incertitudes reste possible. Il convient donc de préserver la possibilité d'évolution d'un tel document.

Références :

GODEFROY P. — Révision du zonage de la France par l'application des nouvelles règles parasismiques de construction PS 84. Note technique SGN/GEG/ARGES n° 3/84.

GODEFROY P. — Small scale seismic zonation of France applied to the new french paraseismic building code « PS 84 ». XXVII[e] C.G.I., Moscou, août 1984.

* Atelier risques et génie sismique — Route Léon Lachamp, Domaine de Luminy, 13009 Marseille.

RS. 1637

Modélisation analytique de sources sismiques en champ proche

Analytical model of seismic sources in the nearby area

P. BERNARD

L'hypothèse de l'existence, dans la surface fracturée d'une source sismique réelle, de zones particulières, les barrières ou aspérités, où le front de rupture subit de fortes accélérations, a permis de développer un modèle de source à haute fréquence pour lequel le rayonnement est obtenu analytiquement. Une telle source se réduit à un nombre limité de points dits critiques d'où proviennent les phases à haute fréquence dominant les accélérogrammes enregistrés en champ proche. Ces résultats rendent possibles la mise au point de plusieurs méthodes de calcul d'accélérogrammes synthétiques extrêmement rapides. Enfin, cette méthode asymptotique peut contribuer efficacement à l'inversion d'enregistrements obtenus près des sources sismiques.

Référence :

BERNARD P. — Où il est fait bon usage des hautes fréquences pour la modélisation en champ proche des sources sismiques et le calcul d'accélérogrammes synthétiques. Thèse de 3[e] cycle soutenue à l'Université de Paris VI le 13.6.83.

RS. 1638

Nécessité d'une gestion rationnelle de l'espace souterrain

Necessity for rational management of underground space

J. BREGEON

Face au développement et à la diversité croissante des utilisations du sous-sol répondant à des motivations aussi variées que l'extension urbaine, la défense et la sécurité du territoire, la maîtrise de l'énergie, la protection de l'environnement et, bien sûr, l'exploitation des richesses minérales, il devient nécessaire *d'organiser* la gestion du sous-sol, c'est-à-dire : de ses ressources, de ses structures et de son espace.

Cette gestion suppose une perception plus « utilitaire » du sous-sol que celle qu'en donnent habituellement les sciences de la Terre. Une nouvelle approche, l'analyse « géoéconomique », doit permettre de mieux exprimer le potentiel géologique.

Affecter l'espace en fonction de ses aptitudes, distribuer et répartir les activités dans le sous-sol en fonction du potentiel géoéconomique sont les objectifs de l'aménagement du sous-sol, qui tout en répondant aux besoins d'aujourd'hui doit avoir le souci de ne pas hypothéquer l'avenir.

Cette politique, pour être cohérente, doit se concevoir comme une composante de l'aménagement du territoire

auquel elle pourra emprunter les voies et les moyens de sa mise en œuvre. Toutefois, la *spécifité* du sous-sol conduira à adapter les modalités de la politique d'aménagement du territoire et sans doute à forger de nouveaux outils.

Référence :

BREGEON J. — Introduction à l'aménagement du sous-sol. Thèse d'Etat soutenue le 3.12.1983 à l'Université de Provence (Aix-Marseille I).

RS. 1639

Développement des moyens de calcul de stabilité des pentes

Improvement of calculation tools for slope stability analysis

D. BILLAUX
B. MEMIER

Le développement des études de confortement de versants instables nécessite des moyens de calculs plus rigoureux, plus rapides et plus souples de l'influence du confortement sur le coefficient de sécurité à la rupture.

Un module de calcul des efforts mobilisables par des barres passives le long d'une surface de rupture potentielle a donc été réalisé et greffé sur un programme de calcul de stabilité de pentes par la méthode de Bishop : Stabil, existant au B.R.G.M.

La difficulté est évidemment d'évaluer le plus précisément possible l'interaction sol-inclusion. Pour chaque clou, on calcule l'effort normal No et l'effort tranchant To maximums mobilisables. Ceux-ci dépendent d'une part de la résistance du clou et d'autre part de la possibilité de report des contraintes du clou sur le sol. La rupture de l'ancrage peut être due à différentes causes :

— rupture de la barre en traction ou en cisaillement ;

— arrachement de la barre (frottement sol-clou insuffisant) ;

— plastification du sol due au déplacement du clou.

L'évaluation de ces différents phénomènes permet de définir la courbe limite du système [sol + clou] dans le plan (No, To). En appliquant le principe de Hill (principe du travail maximum), on trouve le point de cette courbe sur lequel on est situé. Il ne reste plus alors qu'à introduire les termes No max et To max dans l'équation implicite donnant le cœfficient de sécurité vis-à-vis de la rupture.

D'autre part, pour faciliter l'emploi du programme ainsi amélioré, des modules d'entrées-sorties lui ont été également greffés. Le module d'entrée, par la création de fichiers thématiques, permet d'exécuter rapidement de nombreux calculs en faisant varier certains paramètres sans avoir à rééditer un fichier global de données lourd à manipuler. Le module de sortie a été complété par l'adjonction d'un sous-programme de tracé opérationnel sur micro-ordinateur. Une étude paramétrée systématique devient alors simple, rapide et facile d'interprétation.

Référence :

SCHLOSSER F. (1982). — Le clouage dans les sols — session de formation permanente en géotechnique au B.R.G.M. N.T. 83 RHA 017.

RS. 1640

Stabilité d'éboulis calcaires : un essai de chargement en vraie grandeur d'une semelle de fondation sur pente

Limestone scree stability : full scale bearing test of a footing installed on a slope

J.-P. ASTE
avec la collaboration de
Y. GUERPILLON

Le tracé de l'autoroute A40, Mâcon-Chamonix, se développe à l'Est de Nantua sur un versant de forte pente (35 °) constitué d'éboulis provenant des falaises calcaires qui dominent le site.

Au cours des reconnaissances géotechniques effectuées pour les études préliminaires, de nombreuses traces de phénomènes d'instabilité anciens, ayant affecté les falaises aussi bien que les éboulis, ont été repérées. Par ailleurs, des méthodes originales ont été utilisées pour essayer d'apprécier les lois de comportement mécanique de ces matériaux très grossiers.

Pour plusieurs secteurs, c'est une solution de passage en viaduc qui a été retenue. Il a fallu se préoccuper de définir des systèmes de fondations prenant en compte le comportement de terrains proches de l'équilibre limite.

Sur l'un de ces secteurs, où la pente est forte, un système de puits de gros diamètre encastrés dans le substratum calcaire, à plusieurs mètres sous les éboulis, a été retenu. Au cours des études, un essai de chargement sur semelles de fondation en vraie grandeur a été réalisé.

Sur cette semelle de trois mètres sur quatre, posée sur des éboulis dont la pente est de 35°, on a exercé, par l'intermédiaire de six tirants, un effort allant jusqu'à 1 000 tonnes dans le sens vertical et d'inclinaison variable.

Les déformations correspondantes, en surface et en profondeur, ont été mesurées avec une précision de

l'ordre de 1/10 mm, avec toute une gamme d'appareils : distancemètres, niveaux à induction, nivelles de précision, extensomètres et inclinomètres en forage, et topométrie de précision.

Globalement, ont été enregistrées des déformations nettement moins importantes que ne le laissaient prévoir les calculs et aucun indice d'instabilité provoquée. Ce résultat encourageant confirme que dans un matériau de type éboulis grossiers, l'instabilité potentielle concerne essentiellement les éléments superficiels. Dans les versants, des solutions de fondation cherchant à faire mieux participer les terrains de couverture lorsqu'ils sont de bonnes caractéristiques mécaniques, devraient pouvoir être recherchées sous réserve de confirmation des résultats obtenus ici.

RS. 1641

Etude géotechnique des coteaux du Loir rive gauche dans le périmètre urbain de Vendôme, Loir-et-Cher

Geotechnical study of Loir slopes, left bank, in Vendôme urban zone (Loir-et-Cher)

R. PASQUET

La municipalité de Vendôme et la Direction départementale de l'équipement de Loir-et-Cher ont demandé au Service géologique régional Centre du B.R.G.M. une étude géotechnique visant à définir le degré de stabilité du coteau dans les quartiers sud de Vendôme, à évaluer les risques pour les terrains et les habitations situées en contrebas et à indiquer quels pourraient être les moyens à mettre en œuvre pour éviter tout accident à l'avenir ou pour les prévenir.

L'étude comprend une partie documentaire situant le problème dans le contexte géologique régional et précisant les conditions topographiques et hydrogéologiques du site.

Le coteau est creusé de cavités dont les différents types ont été définis d'après leur origine et leur âge. Des recherches auprès de nombreux organismes, bureaux d'étude et administrations ont permis de dresser un inventaire des mouvements de terrains connus dans le secteur. Ils sont très nombreux et ont occasionné d'importants dégâts matériels et ont même fait quelques victimes. Pour les événements précisément datés, une très bonne corrélation a pu être établie avec la pluviométrie.

Le sous-minage du coteau par les cavités souterraines, la fissuration et l'altération naturelle ainsi que les précipitations conduisent à des désordres se manifestant principalement sous trois formes à Vendôme : l'écroulement, l'effondrement et le glissement de terrain.

Dans une deuxième partie, l'étude a consisté en un examen géotechnique très détaillé de tout le secteur délimité pour l'étude, comprenant : l'observation des terres sur le plateau, l'observation du coteau dans les pentes boisées (garennes) où se trouvent d'importantes traces des mouvements anciens, l'observation de la falaise et la visite des cavités souterraines dans chaque propriété.

Ce travail a été reporté sur une carte à l'échelle du 1/1 000e présentant sous des formes schématiques les facteurs d'instabilité. Une série de coupes transversales a été ajoutée à cette vue en plan de façon à faciliter au lecteur la localisation verticale de ces facteurs.

A partir de cette carte de facteurs, le secteur étudié a été divisé en zones homogènes. Au droit de chaque zone apparaît sur la carte de facteurs, une brève description de la zone, une définition des risques et les mesures de protection et de prévention qui peuvent y être appliquées.

Par ailleurs, une localisation des risques des trois principaux mouvements de terrain (écoulement, effondrement, glissement de terrain) a été établie sur une carte de risques à l'échelle du 1/2 000e.

Enfin, une liste de mesures de prévention et de confortement a été dressée. Elle comprend : l'énumération des techniques de soutènement actif et de protection passive, des mesures d'urbanisme, des mesures de police de sécurité, des propositions d'études complémentaires sur des points particuliers.

Référence :

PASQUET R. — Etude géotechnique des coteaux du Loir, rive gauche dans le périmètre urbain de Vendôme (Loir-et-Cher). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 782 CEN.

RS. 1642

Remarques sur les propriétés géotechniques des sols volcaniques antillais

Observations on the geotechnical properties of West Indian volcanic soils

Y. ATLAN
C. FELLER *

La Direction des affaires économiques internationales (ministère de l'urbanisme) a confié au B.R.G.M. et à l'ORSTOM une étude à caractère général sur les matériaux provenant de l'altération des roches volcaniques sous le climat tropical des Antilles.

* ORSTOM

Cette étude comporte trois parties :

1) étude bibliographique

2) examen de la pédogénèse des sols antillais

3) résultat des campagnes d'échantillonnages spécifiques.

L'étude bibliographique montre l'intérêt de cette recherche : d'une part, les sols volcaniques tropicaux couvrent des étendues non négligeables de la planète, d'autre part, les matériaux correspondants présentent des propriétés particulières au plan géotechnique. Ces propriétés sont liées à la minéralogie de leurs argiles, donc à la pédogénèse.

L'étude expérimentale menée aux Antilles a été conduite en regroupant les matériaux en fonction de leur minéralogie, elle-même rapportée à la pédogénèse. On a cherché et établi ici des critères relativement simples permettant de classer les matériaux et donc de prévoir dans une certaine mesure leurs propriétés au moyen des essais d'identification et d'observations sur le terrain.

Plusieurs tableaux de résultats donnant des fourchettes de valeur sont ainsi présentés. Un résultat important est que la susceptibilité au séchage des caractéristiques géotechniques semble être un paramètre non négligeable *a priori*. En particulier l'essai Proctor sur matériau séché à l'étuve (comme il se fait d'habitude) n'est pas adapté à l'étude de la compactibilité de ce type de sol.

Référence :

ATLAN Y., FELLER Ch. — Contribution à l'étude des propriétés physiques et géotechniques des sols issus de matériaux volcaniques des Antilles françaises. Rapport B.R.G.M. n° 84 ANT 004.

RS. 1643

Détection d'effondrements de cavités souterraines par écoute sismique.

Seismic detection of underground cavity collapses

J. LANDRY
R. MILLON

A la suite d'affaissements de terrain apparus dans un quartier de la ville de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme), le B.R.G.M. a entrepris l'étude géotechnique de la zone des désordres en vue de rechercher l'origine des mouvements et de préciser leur évolution possible. Les méthodes d'investigation et d'auscultation utilisées comportaient notamment une reconnaissance de terrain avec relevé des fissures au sol et dans les habitations, une surveillance topographique précise de la zone, l'étude de l'évolution de la fissuration grâce à la pose de témoins.

En raison de l'existence, au droit des affaissements, d'une ancienne mine d'asphalte, aujourd'hui ennoyée et inaccessible, un dispositif d'« écoute sismique » a été, en outre, installé sur place en vue de détecter et de localiser d'éventuels effondrements souterrains. Cette technique d'auscultation originale présente en effet l'avantage de pouvoir être mise en œuvre depuis la surface et il était tout indiqué de l'utiliser dans le cas présent.

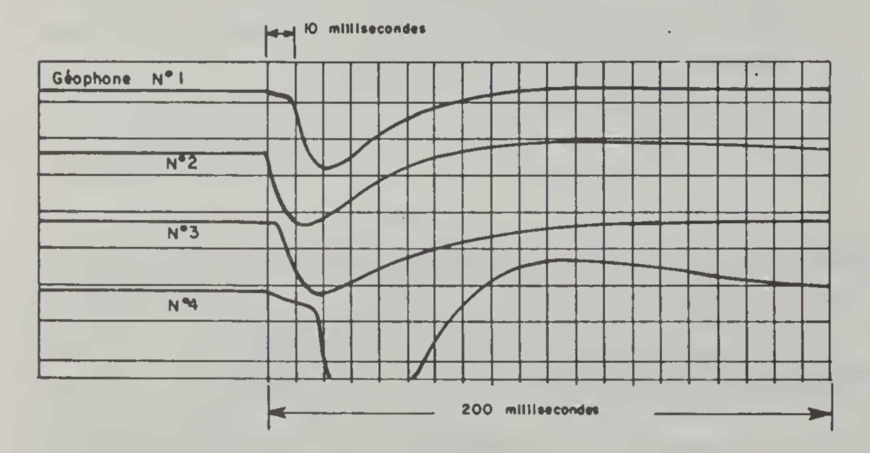


Fig. 1 — Enregistrement sur les 4 géophones d'un événement sismique survenu le 12 juillet 1983 vers 16 h.

Le procédé consiste à enregistrer en continu les ébranlements reçus par des géophones disposés en surface et reliés à un enregistreur à bande magnétique. Le dépouillement des enregistrements (préalablement rejoués sur film), permet, en cas de perturbations sismiques créées par un éboulement souterrain, de mesurer les écarts de temps d'arrivée des ondes sismiques aux divers géophones. En faisant intervenir la vitesse de propagation des ondes dans le sol, vitesse liée à la nature et à la décompression des roches et que l'on peut déterminer in situ en utilisant la sismique-marteau, on transforme ces écarts de temps en écarts de distance, ce qui permet de calculer la position du foyer de l'événement sismique en x, y et z.

Cette technique a été appliquée avec succès dans le cas de Pont-du-Château, puisqu'un événement sismique a été repéré le 12 juillet vers 16 heures. La perturbation a été enregistrée très nettement et simultanément sur les 4 géophones qui avaient été mis sur place (figure 1).

En admettant que la vitesse de propagation des ondes sismiques dans le sous-sol considéré est inférieure à 1 000 m/s, ce qui est justifié compte tenu de la nature et de la décompression des terrains (alternances de calcaires fissurés et de marnes surmontés par une couche d'alluvions et de colluvions), on peut situer l'événement au droit de la zone des désordres, à une profondeur d'environ 40 mètres, c'est-à-dire, au niveau des galeries ennoyées de l'ancienne mine.

Cette technique d'auscultation, certes onéreuse, se révèle donc très intéressante pour l'étude des cavités souterraines devenues inaccessibles. Elle a permis de montrer en tout cas, que l'origine des désordres survenus à Pont-du-Château, était bien liée à des effondrements souterrains et non à des phénomènes de surface et que les mouvements se poursuivaient encore quinze jours après les premiers indices.

Références :

LANDRY J., BOIS J.-J., MICHAELY B. (1983). — Etude géotechnique et géophysique d'un affaissement de terrain survenu dans un quartier de la ville de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 507 AUV.

LANDRY J., MILLON R. (1983). — Etude géotechnique et géophysique d'un affaissement de terrain survenu dans un quartier de la ville de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme). Ecoute sismique. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 528 AUV.

RS. 1644

Reconnaissance des anomalies liées à la dissolution du gypse antéludien au droit des aménagements du parc de la Villette (Paris 19e)

Survey of the anomalies connected with the dissolution of the Pré-Ludian gypsum below the parc de la Villette (Paris 19) developments

J. SARRADIN

L'Etablissement public du parc de la Villette (E.P.P.V.) a confié au Service géologique régional Ile de France du Bureau de recherches géologiques et minières, une mission d'assistance technique auprès du maître d'ouvrage, concernant en particulier, la détection d'anomalies souterraines au droit de la grande halle du parc de la Villette, Paris 19e.

Le sous-sol du parc de la Villette est constitué de formations géologiques susceptibles de présenter des anomalies qui se traduisent par des zones de faible densité, des zones décomprimées ou des cavités de dissolution. Les formations géologiques concernées sont le Calcaire de Saint-Ouen et le faciès Marnes et Caillasses du Lutétien supérieur. Ces formations sont caractérisées par la présence de gypse dont la dissolution, sous l'action hydrodynamique des eaux souterraines, est à l'origine des anomalies.

La reconnaissance des anomalies a mis en œuvre les moyens suivants :

— étude de microgravimétrie,

— sondages de reconnaissance des anomalies microgravimétriques,

— essai d'absorption au droit des anomalies reconnues.

L'étude de la microgravimétrie a été effectuée en janvier 83, sur toute l'étendue de la grande halle par le département géophysique du B.R.G.M.

Les sondages de reconnaissance ont été exécutés, au droit des anomalies microgravimétriques, du 31 mars au 18 mai 1983. Ils comprennent un sondage carotté de référence et 14 sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage et diagraphies gamma-ray.

L'étude de la microgravimétrie a montré l'existence de deux zones d'anomalies. Le sondage carotté SC. 1 implanté en dehors des anomalies microgravimétriques, n'a pas montré de cavité ni de zone décomprimée notables. Les sondages destructifs ont confirmé l'existence d'anomalies au droit des zones définies par la microgravimétrie.

Les essais d'absorption et la caractérisation des anomalies ont permis d'apprécier l'importance de celles-ci en vue d'y appliquer un éventuel traitement.

Au cours des essais, le refus d'absorption a été atteint avec moins de 10 m^3 de coulis sur la plupart des sondages. Le volume maximal absorbé a atteint 17,2 m^3 (8,6 m^3 de cendre volante) dans le sondage SD3 de la zone d'anomalie A. En tout état de cause, le volume des anomalies est peu important.

La caractérisation des anomalies a été menée à partir de l'analyse des paramètres suivants :

— avancement instantané des sondages destructifs,

— diagraphies gamma-ray,

— pertes d'eau au cours des sondages,

— puissance des faciès.

L'étude de l'avancement instantané, enregistré en continu pendant l'exécution des sondages destructifs, a montré que les anomalies correspondaient essentiellement à des zones décomprimées dont la hauteur de vide équivalente varie en moyenne entre :

— 0,23 et 0,64 m pour le Calcaire de Saint-Ouen,

— 0,31 et 0,39 m pour les Marnes et Caillasses.

Les diagraphies gamma-ray, également réalisées en continu dans tous les sondages ont montré qu'une partie importante des zones décomprimées s'établit au droit de passages argileux peu absorbants.

L'examen des niveaux de pertes d'eau en cours de forage a confirmé l'existence d'anomalies au droit du Calcaire de Saint-Ouen et des Marnes et Caillasses. Le colmatage de certaines pertes en cours de forage explique les faibles volumes absorbés au cours des essais et confirme la faible importance des anomalies.

La puissance des faciès représentée par le Calcaire de Saint-Ouen et les Marnes et Caillasses a fait l'objet d'une analyse statistique. Les valeurs moyennes obtenues montrent, pour les faciès étudiés, une épaisseur faible du même ordre que celle présentée par des faciès lorsqu'ils ne contiennent que peu ou pas de gypse.

La reconnaissance des anomalies liées à la dissolution du gypse dans le Calcaire de Saint-Ouen et les Marnes et Caillasses, au droit de la grande halle, a montré que les résultats de l'étude de microgravimétrie étaient confirmés d'une manière satisfaisante par les sondages et les essais d'absorption. L'ensemble des moyens mis en œuvre a abouti à la caractérisation des anomalies qui a démontré leur faible importance.

En considérant la faible importance des anomalies et leur profondeur importante, il ressort que le risque de venue à jour de fontis lié à de telles anomalies est prati-

quement inexistant. En conséquence, la consolidation et la confortation des terrains, au droit de la grande halle, par l'injection gravitaire de ces anomalies ne se justifie pas.

Les résultats de cette étude ont été présentés en juillet 83 à l'Inspection générale des carrières qui a levé la prescription s'appliquant à la demande de permis de construire.

Des études analogues ont été menées à partir de fin 83 au droit du futur Musée national des sciences et de l'industrie et de sa centrale thermofrigorifique.

Références :

MADELAINE B. — Etude de microgravimétrie. Parc de la Villette (Grande halle). Rapport B.R.G.M. 83 GPH 017.

MADELAINE B. — Etude de microgravimétrie. Parc de la Villette (Musée). Rapport B.R.G.M. 83 GPH 063.

SARRADIN J. — Reconnaissance des anomalies liées à la dissolution du gypse au droit de la grande halle. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 413 IDF.

SARRADIN J. — Reconnaissance géotechnique en vue de la réalisation de la centrale thermofrigorifique (parc de la Villette, Paris 19e). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 798 IDF.

RS. 1645

Etude géotechnique et suivi des travaux de fondation des ouvrages du téléphérique de la Saulire (Savoie, Courchevel)

Geotechnical study and consulting on the fondation of the different parts of Saulire cableway (Savoie, Courchevel)

P. BRIGLIA
A. MALATRAIT
B. MEMIER

La société Pomagalski s'est vu confier par le Service public des Trois Vallées (S.P.T.V.) la réalisation d'un téléphérique à Courchevel (Savoie).

Cet ouvrage, semblable à celui construit en 1980 à Val Thorens, présente un nouveau record avec une capacité de 160 skieurs et une vitesse de 11 m/s. Il est implanté parallèlement et à quelques mètres du téléphérique existant, construit en 1950, d'une capacité d'environ trente personnes et qui doit être démoli fin 1984.

Le B.R.G.M. a assuré auprès du constructeur une mission d'assistance technique et de suivi des travaux des fondations des principaux éléments de l'ouvrage :

— la gare inférieure qui est un ouvrage poids,

— le pylone intermédiaire (unique) fondé sur 4 plots béton indépendants,

— la gare supérieure avec un dispositif d'ancrage actif (tirants).

Les principales difficultés de cette étude ont été la structure géologique relativement complexe de la pointe de la Saulire, ainsi que l'importance des efforts auxquels les ouvrages sont soumis (1 200 tonnes).

L'intervention du B.R.G.M. qui n'a pas participé au concept global de l'ouvrage s'est située pour chacun des trois types de fondations à différents niveaux :

— définition géologique et structurale de détail du cadre d'implantation ;

— dimensionnement précis des différents éléments de la fondation ;

— recommandations concernant l'exécution des terrassements ;

— assistance technique sur le terrain pendant la réalisation des travaux.

Pour ce faire, différents moyens de reconnaissance (essais pressiométriques, sondages carottés) et différents programmes de calcul informatique ont été mis en œuvre. Le B.R.G.M. a été conduit à apporter certaines modifications dans l'implantation et le dimensionnement de l'ouvrage, en particulier pour le dispositif d'ancrage de la gare supérieure : il a finalement été retenu 12 tirants de 100 tonnes chacun, d'inclinaison variable pour tenir compte au mieux de la topographie et de la structure de la roche en place.

La mise en tension est prévue pour l'été 1984 mais un tirant d'essai a été réalisé en novembre 1983 : bloqué à sa tension de service, ce tirant est actuellement suivi périodiquement par un système de lecture à distance. Pour ce massif d'ancrage (« tome ») il a également été proposé un dispositif complet d'auscultation permettant à court, moyen et long terme de prévenir tout risque d'accident.

Combustibles solides

RS. 1646

Synthèse géologique du bassin houiller du Nord de la France

Geological synthesis of the Northern France coal field

J.-F. BECQ-GIRAUDON
avec la collaboration de
J.-L. BLES
C. JACOB
J. LEPLAT
et des Houillères du bassin du Nord - Pas-de-Calais

Depuis 1969, date de la dernière note de synthèse publiée par A. Bouroz, le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais n'avait donné lieu à aucune publication scientifique importante, probablement en raison de la baisse d'activité enregistrée dans ce bassin. Malgré ceci, le service Géologie/Gisements des Houillères de ce bassin restait très actif et accumulait un nombre considérable de données inédites à ce jour. Une réactualisation des connaissances fut décidée dans le cadre d'une convention liant le B.R.G.M. et les Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais, complétée, en 1980, par la signature d'un contrat de programme entre la Direction générale de la recherche scientifique et technique et le B.R.G.M. Les résultats de cette étude ont été exposés dans un mémoire B.R.G.M. édité en 1983.

L'étude comporte trois grands volets :

— Le premier volet est consacré à l'évolution stratigraphique paléogéographique et sédimentologique du Carbonifère dans la partie française du synclinal de Namur et ses relations avec ses homologues hors de nos frontières. Les conditions d'une instauration du régime paralique caractérisant le Namuro-Westphalien sont étudiées, et ce, à partir du Dinantien supérieur. L'étude de certains horizons particuliers (niveaux marins, formations rouges, tonsteins) et la mise en évidence de structures anciennes transverses à l'axe du bassin ont permis de préciser la paléogéographie de la lagune carbonifère et de la situer dans son contexte hercynien européen.

— L'analyse structurale est abordée dans le deuxième volet de l'étude : une chronologie de la déformation dans le bassin est proposée, basée sur des observations faites en mines complétées par l'étude des plans des houillères. Faisant suite à cette analyse, l'ensemble du style tectonique du bâti hercynien du Nord de la France est discuté : par analogie avec les Appalaches (U.S.A), il semble que le modèle applicable soit une «thin skinned tectonic ». L'une des conséquences découlant de l'adoption de ce modèle est que la Faille du Midi, accident chevauchant majeur structurant le bâti hercynien de la France septentrionale, se poursuivrait sous le massif cambrien des Ardennes et ne s'enracinerait qu'au Sud de ce massif, en un secteur non encore précisé.

D'autres considérations, d'ordre géophysique, amènent à supposer l'existence d'un deuxième grand charriage situé sous le bassin houiller, analogue à la Faille du Midi par son altitude et son rejet.

— Le troisième volet est consacré à l'approche du volcanisme westphalien par l'étude géochimique des tonsteins, niveaux volcano-sédimentaires représentant d'anciennes cinérites déposées dans la lagune. Les éléments majeurs et les éléments en traces ont été analysés : les éléments majeurs reflètent une importante évolution diagénétique de ces roches après leur dépôt, évolution tendant à uniformiser leur chimie ; les éléments en traces, par contre, indiqueraient une évolution du magma originel depuis des termes plutôt basiques à la base de la série houillère vers des termes acides au sommet de cette série.

Référence :

BECQ-GIRAUDON J.-F. (1983). — Synthèse structurale et paléogéographique du bassin houiller du Nord. *Mém. B.R.G.M.* n° 123.

RS. 1647

Forage de reconnaissance de Réty-Rinxent (massif paléozoïque du Boulonnais, France)

Reconnaissance borehole on Réty-Rinxent (Paleozoïc Massif, Boulogne region, France)

J. LEPLAT
J.-F. BECQ-GIRAUDON
J.-F. PASQUET

Ce sondage, réalisé dans le cadre de l'Inventaire des ressources nationales de charbon, avait pour objectif de reconnaître l'extension vers le Sud du bassin houiller du Boulonnais.

La structure du massif paléozoïque du Boulonnais, définie dans ses grandes lignes grâce, en particulier, aux travaux de A. Olry et de A. Bouroz, est caractérisée par l'existence de deux grandes failles chevauchantes de

direction sensiblement W-E, les failles d'Hydrequent et du Haut-Banc. Ces failles séparent (de bas en haut) le « Massif autochtone de Ferques » (dans lequel se situe le Houiller anciennement exploité), le « Massif carbonifère du Haut-Banc » (d'âge Dinantien s.l.) et le « Massif dévonien d'Hydrequent » (d'âge Famènien).

Le Massif de Ferques est, de plus, plissé dans un anticlinal d'axe W-E (l'anticlinal d'Hardinghen), et recoupé par des failles sub-verticales d'orientation N 20° E à N 40° E.

L'implantation du sondage de reconnaissance RX.A s'appuie sur des arguments géologiques (présence possible d'un synclinal préservé des effets de la tectonique tangentielle au Sud de l'anticlinal d'Hardinghen) et géophysiques (existence d'anomalies gravimétriques).

Le sondage RX.A, après avoir traversé successivement les failles chevauchantes d'Hydrequent, puis du Haut-Banc, a pénétré les terrains carbonifères autochtones représentés directement par les calcaires viséens, en l'absence de terrains houillers plus récents. Compte tenu des données recueillies, en particulier d'ordre structural, à l'occasion du sondage, la présence du Houiller au Nord (et à l'Ouest) de l'emplacement de RX.A reste largement plausible.

Le sondage réalisé à Réty-Rinxent est riche d'informations d'ordre géologique, tectonique et stratigraphique. Des précisions ont été notamment apportées sur l'allure des failles chevauchantes d'Hydrequent et du Haut-Banc, leurs tracés apparaissant maintenant sensiblement parallèles. Ce sondage a aussi permis de constater l'épaisseur, plus forte que prévue, des schistes faméniens du « massif d'Hydrequent » ainsi que la présence, dans le « massif carbonifère du Haut-Banc », de dolomie tournaisienne sous les calcaires viséens. Il apporte une contribution importante à la reconnaissance de la géologie de cette partie des terrains primaires du Bas-Boulonnais.

Références :

LEPLAT J., PASQUET J.-F. (1983). — Inventaire des ressources nationales de charbon. Sondage de Rety-Rinxent (RX.A). Rapport de fin de sondage. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 216 GEO.

PASQUET J.-F., LEPLAT J., BECQ-GIRAUDON J.-F. (1983). — Premiers résultats du forage de reconnaissance de Rety-Rinxent (Massif paléozoïque du Boulonnais). *Géologie de la France*, n° 3, 1983, pp. 171-177, 4 fig.

VALENTIN J. (1982). — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassin houiller du Boulonnais. Implantation d'un forage de reconnaissance à Rinxent (62). Etude gravimétrique. Rapport B.R.G.M. 82 SGN 795 GPH.

RS. 1648

Fracturation et genèse des bassins stéphaniens du Massif central français en régime compressif

Faulting and formation of the Stephanian basins of the french Massif Central in a compressive tectonic regime.

D. BONIJOLY
C. CASTAING

Le regain d'intérêt porté aux matières combustibles solides a nécessité la définition d'un programme de recherche au B.R.G.M. financé par le ministère de l'industrie dans le cadre de l'Inventaire des ressources nationales de charbon. Ce programme a permis d'approfondir la connaissance du cadre tectonique des bassins stéphaniens afin de prévoir la localisation de nouvelles extensions des bassins connus et de définir de nouvelles zones où le développement de bassins houillers est envisageable.

Pour atteindre ce but, une étude structurale a été menée sur la majeure partie des bassins houillers limniques du Massif central français afin de déterminer la chronologie des épisodes tectoniques en vigueur du Westphalien terminal au Stéphanien. On démontre qu'à cette époque, le régime tectonique correspondait à une compression N-S au Westphalien terminal (D) et au Stéphanien A et B inférieur, à une compression NW-SE au Stéphanien B supérieur et C inférieur, puis à une compression E-W au Stéphanien C supérieur.

Les épisodes tectoniques ainsi définis sont contemporains de la sédimentation houillère et contrôlent la formation des bassins. A partir des modèles génétiques établis à proximité de ou sur les zones décrochantes (bassins de type pull-apart, grabens d'extension etc.), on déduit la localisation et la géométrie de ces bassins de l'application des contraintes correspondant aux divers épisodes tectoniques sur un réseau d'accidents tardi-hercyniens.

La transposition de ces modèles au domaine du Massif central nous permet de reconstituer l'image géodynamique de ce massif de la fin du Westphalien jusqu'au Stéphanien terminal en intégrant dans ces schémas la construction et l'évolution des bassins houillers limniques.

Référence :

BONIJOLY D., CASTAING C. (1983) — Fracturation et genèse des bassins stéphaniens du Massif central français en régime compressif. *Société Géologique du Nord (à paraître).*

RS. 1649

Inventaire des ressources nationales de charbon : synthèse géologique du gisement de Decize-Devay (Nièvre)

French coal resources inventory : geological synthesis of Decize-Devay basin (Nièvre)

M. DONSIMONI

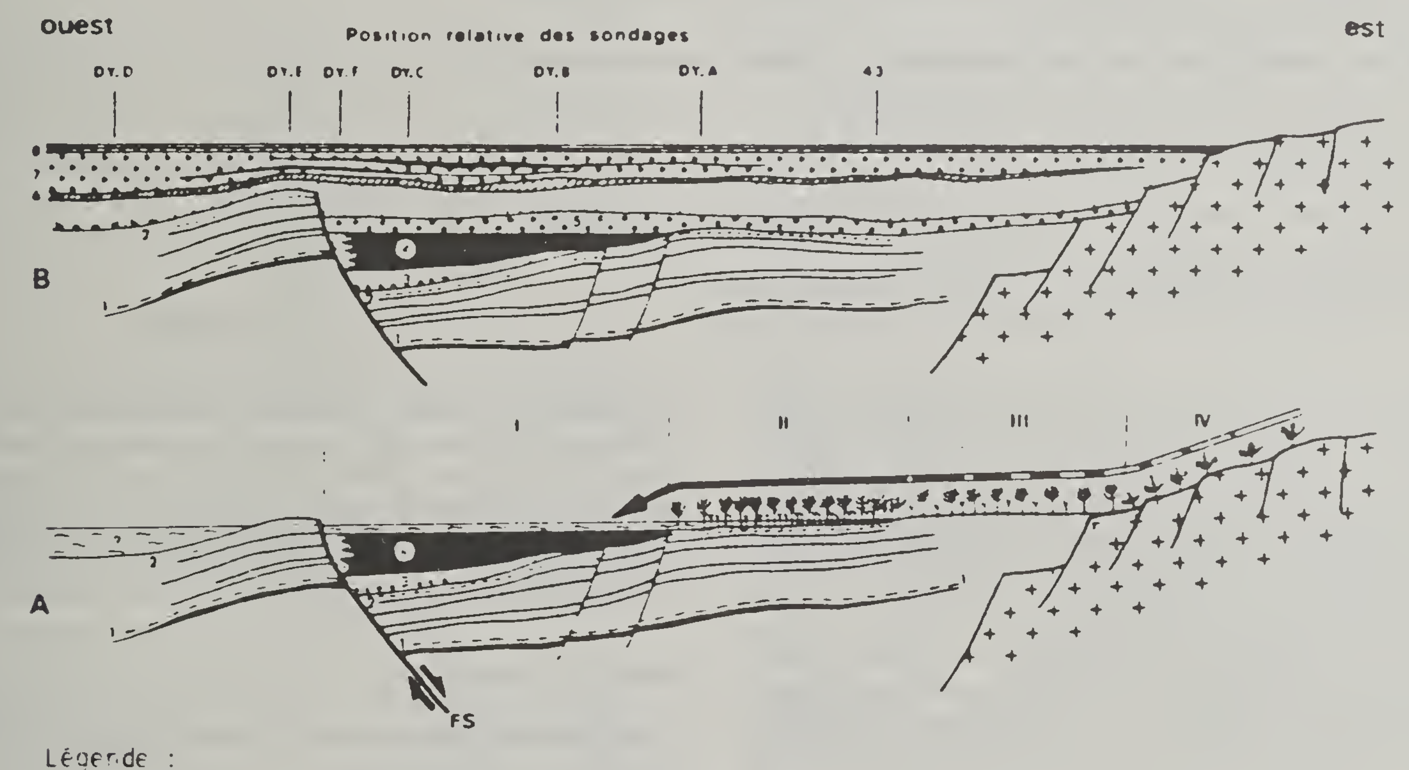
Au terme de la récente campagne de prospection (1981 à 1983) du gisement de Decize-Devay ayant mis en œuvre successivement différentes méthodes d'investigation, aussi bien géophysiques (gravimétrie, sismique réflexion haute résolution, diagraphies,...) que géologiques (sondages carottés, études lithoséquentielles des formations permo-carbonifères recoupées, analyses pétrographiques de faciès carbonatés, détritiques et cinéritiques, analyses paléobotaniques et palynologiques débouchant sur des corrélations précises des sondages de l'interprétation paléogéographique des différents environnements de dépôts), il apparaît qu'une connaissance assez précise des limites sédimentaires et tectoniques de la couche des Varioux, et de la structure générale du gisement de Devay, a pu être acquise.

La continuité sédimentaire Nord-Sud de la couche des Varioux a été démontrée sur une longueur de près de 2,5 km entre les sondages n° 39 et n° 45.

Les deux sondages positifs DY.B et DY.C, qui ont respectivement recoupé la grande couche sur 9,42 m et 29,48 m d'épaisseur, ont confirmé son caractère irrégulier et lenticulaire.

Les sondages négatifs DY.A, DY.D et DY.E ont démontré la faible extension latérale de l'aire de sédimentation de la couche des Varioux, probablement inférieure à 500 m.

Sur le plan sédimentologique, grâce à la présence, dans la partie supérieure de la série permo-carbonifère du gisement de Devay, d'un **niveau stromatolithique** con-



Légende :

Lithologie : 1. grès blanc-crème ; 2. grès à granules ; 3. conglomérat et grès de base de la séquence des Varioux ; 4. couche de charbon des Varioux ; 5. conglomérats polygéniques grossiers ; 6. argilites beige-kaki ; 7. coulées boueuses ("debris-flows") et charbon ; 8. stromatolithe ("trottoir" algaire).

socle cristallin — faille synsédimentaire (FS)

tranche d'eau

Paléobiogéographie : I. zone d'eau relativement profonde (zone d'accumulation de débris végétaux) ; II. zone sub-aquatique peu profonde à végétation hygrophile ; III. zone palustre faiblement exondée et périodiquement inondée ; IV. zone franchement exondée à végétation tropophile et xérophile clairesemée.

proportions relatives des différentes zones végétales contribuant à la formation du dépôt phytogène.

Bassin permo-carbonifère de DECIZE-DEVAY. Essai de reconstitution de la genèse de la couche puissante des Varioux.

tinu et de l'interprétation en termes de paléoenvironnement qui en est faite, il a été possible, en corrélant différents niveaux repères sous-jacents, de reconstituer le profil paléogéographique du bassin avant, pendant et après le dépôt de la couche de charbon des Varioux. Il a été ainsi mis en évidence le rôle prépondérant joué par une **faille synsédimentaire** sur la mise en place, le contrôle et la limitation des dépôts phytogènes correspondant à la couche puissante *(cf.* figure).

Sur le plan structural, la construction de coupes géologiques basée sur des corrélations lithostratigraphiques précises et appuyée par une nouvelle interprétation des profils sismiques a permis de tracer les traits de la tectonique syn- et post-sédimentaire du gisement et de préciser plus particulièrement la morphologie de la couche des Varioux. Celle-ci, avec ses quelques 9 700 000 m³ de charbon, bien que compartimenté, pourrait faire l'objet d'un intéressant champ d'expérimentation dans le cadre des travaux du G.E.G.S. qui doivent s'orienter de plus en plus vers la gazéification de couches épaisses à moyenne profondeur par la technique du forage dirigé.

Référence :

DONSIMONI M. (1983). — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement de Decize-Devay (Nièvre). Rapport de fin de campagne de reconnaissance (1981-1982-1983). Synthèse géologique et géophysique. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 801 GEO.

RS. 1650

Mise en évidence de deux zones de distension dans le sillon houiller de Saint-Gervais d'Auvergne (Puy-de-Dôme, France). Extension verticale et latérale du « faisceau productif » du Tout. Découverte de Carbonifère sous couverture tertiaire

Discovery of two distension zones in the Saint Gervais d'Auvergne « sillon houiller » (Puy-de-Dôme, France)
Vertical and lateral extension of « le Tout » coal veins.
Discovery of carboniferous deposits under tertiary cover.

J.-J. BOIS

Dans le cadre de l'inventaire des ressources nationales de charbon, le B.R.G.M. a entrepris, en 1982, un programme de recherches géologiques et minières, afin de préciser les données anciennes sur l'existence d'horizons de charbon dans le « sillon houiller » de la feuille Saint-Gervais d'Auvergne à 1/50 000, et de reconnaître l'existence éventuelle de nouvelles cibles.

Des levés géologiques prolongés par des travaux géophysiques (27 profils de polarisation spontanée, totalisant 5 958 mètres layonnés — 4 sondages électriques avec AB/2 de 500 mètres) sur deux zones reconnues favorables, ont abouti à l'implantation et l'exécution de 19 tranchées (longueur cumulée 524 m), de 2 forages inclinés et de 1 forage vertical totalisant 275,15 m carottés et 42,65 m en destructif.

Résultats géologiques

Ont été mis en évidence des sédiments tertiaires « cachetant » tout autre remplissage dans un contexte de zone tectonique en distension, encaissée latéralement dans le cristallin et longitudinalement dans des tufs estimés viséens (début du Carbonifère). Cette zone était cartographiée antérieurement en socle cristallin mylonitisé. Une deuxième zone de distension, large de 1,3 km maximum, s'intègre dans un ensemble plissé fortement redressé, souligné par des rides de grès grossiers à conglomératiques, feldspathiques, indurés, séparées par des siltites plus ou moins gréseuses et/ou argileuses. Les formations situées au toit de ces rides se sont révélées sans intérêt, par contre celles situées au mur renferment des veines de charbon de puissance métrique à plurimétrique. Des horizons particuliers (cinérites et grès « nougat ») ont été reconnus.

Résultats miniers

Les travaux de subsurface (tranchées) ont mis en évidence :

— dans le secteur du Tout, 7 veines de charbon dont une de 2,90 m et une de 0,95 m d'ouverture ; légèrement au Sud, 3 faisceaux (dont 1 de 1,90 m et 1 de 1,15 m d'ouverture).

— à la George, 5 faisceaux de charbon et argilite charbonneuse (7,00 m ; 2,50 m ; 0,70 et 0,80 m).

La mise en évidence de ces faisceaux charbonneux développe, vers l'Est, la puissance apparente du houiller « productif » du secteur du Tout et augmente son extension longitudinale (reconnue sur 900 mètres).

Les sondages ont fourni les renseignements suivants :

— forage du Tout (long. 110,45 m ; incliné à 70° de l'horizontale en direction N 285° E). Deux faisceaux principaux de charbon ont été recoupés à — 22 et — 98 m (par rapport au sol) sur des ouvertures de 1,40 et 2,30 mètres.

— forage de la George (long. 150,05 m ; incliné à 60° de l'horizontal en direction N 285° E)

Argilites charbonneuses subverticales et tectonisées.

— forage de Gandichoux (long. 57,30 m vertical).
Mise en évidence de Carbonifère sous 41 mètres de recouvrement tertiaire avec horizons d'argilites carbonées et charbon disséminé.

Référence :

BOIS J.-J. avec la collaboration de Mmes FARJANEL G. et MARTINET J., MM. BELKESSA R., BILLET C., CASTAING C., JEAMBRUN M., MARTEAU P., ROUZAIRE D. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Région de Saint-Gervais d'Auvergne (Puy-de-Dôme). Rapport de fin de première campagne 1982 (géologie, géophysique, sondages). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 039 AUV.

RS. 1651

Réexamen des potentialités en couches productrices peu profondes dans le bassin charbonnier de Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme, France). Gitologie prévisionnelle

A new approach to shallow productive layers potentialities in Brassac-les-Mines coalfield (Puy-de-Dôme, France). Previsional gitology

J.-J. BOIS

La Direction des houillères d'Auvergne (groupe des houillères de bassins du Centre et du Midi) confie, en 1982, au B.R.G.M. l'étude stratigrafique et structurale d'un secteur Nord-Est du bassin houiller de Brassac-les-Mines. Une certaine méconnaissance géologique des structures d'ensemble et de la répartition spatiale des formations carbonifères a été responsable du volume réduit de travaux d'exploitation et de recherches détaillées sur une grande partie de la zone orientale du bassin.

Pour essayer de prévoir la continuité ou la possibilité d'existence de nouvelles ressources, la connaissance des grands traits géométriques, tectoniques et lithostratigraphiques des zones affleurantes doit être complétée par celle des événements géologiques ayant régi l'apparition et l'évolution du bassin houiller.

Au niveau des zones d'exploitation, le substratum cristallin sépare un domaine oriental d'un domaine occidental plus complexe. L'exploration couvre plus particulièrement le premier secteur (Nord-Solignat).

Dans le domaine considéré, les extractions se sont développées essentiellement sur le flanc sud, moyennement puis fortement penté, d'une ride de socle dont le flanc nord se poursuit par le soubassement cristallin ondulé du golfe de Jumeaux qui supporte un remplissage de sédiments carbonifères peu exploré.

La comparaison des levés géologiques de surface et des travaux miniers a permis de mettre en évidence :

— une discordance cartographique entre les faisceaux productifs (Verrerie et Combelle et des niveaux volcanoclastiques (« Gros banc ») mis en place en plusieurs épisodes (certains d'entre eux effusifs) ;

— des phénomènes de tectonique tangentielle (certains accidents fonctionnant en faille inverse) ;

— des structures ondulées d'axes subméridiens affectant les horizons Verrerie-Combelle et transverses sur leurs directions stratigraphiques ; ces directions subméridiennes sont par contre les directions stratigraphiques des sédiments recouvrant la ride de cristallin au Sud de l'Allier ;

— le caractère polyphasé de la tectonique cassante du bassin houiller qui s'inscrit dans l'évolution tectonique tardi-hercynienne générale des bassins houillers du Massif central.

— une réflexion sur la signification des faits précédents, ou les hypothèses de travail qu'ils suscitent, a abouti au choix de trois zones pour prospection complémentaire, menée par méthode géophysique (polarisation spontanée sur 7 700 m de profils) suivie de fouilles en tranchées (134 ml) sur les zones de contrastes marqués.

L'intégration des données ainsi acquises couplée aux autres critères (données minières, géodynamiques, ...) a permis la délimitation de trois zones de recherches faisant l'objet de proposition de travaux de géophysique (gravimétrie, sismique réflexion haute résolution) et de sondages. Parmi eux, le secteur Nord-Jumeaux se révèle plus particulièrement favorable à l'existence de dépôts phytogènes étagés entre la subsurface et 250 m de profondeur.

Référence :

BOIS J.-J., avec la collaboration de BILLET C., CASTAING C., JEAMBRUN M., MARTEAU P. — Houillères de bassin du Centre et du Midi. Houillères d'Auvergne. Bassin houiller de Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme). Etude stratigraphique et structurale (zone Nord Solignat). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 032 AUV, mars 1983.

RS. 1652

Le bassin lignitifère de Mézos-Escource (Landes)

J.-P. CAPDEVILLE
J. DUBREUILH
G. KARNAY
G. LE POCHAT

The Mezos-Escource (France) lignite basin

Les travaux de prospection engagés dans les Landes de Gascogne ont permis de mettre en évidence un bassin lignitifère nouveau situé dans un contexte différent de celui connu d'Arjuzanx exploité par E.D.F.

A ce jour, seule la partie méridionale a fait l'objet d'une prospection fine où 35 millions de tonnes ont été reconnues dont 25 millions se présentent dans des conditions d'exploitation très favorables (taux de recouvrement inférieur à 7). Un ensemble d'indices reconnu au Nord et latéralement laisse entrevoir des réserves beaucoup plus importantes.

Ce bassin se compose d'une succession de cordons lignitifères sub-parallèles d'orientation sensiblement Nord-Sud. Ces cordons correspondent à des zones en creux dissymétriques, proches de lignes de rivage à une époque donnée, protégées du domaine marin par des levées sablo-graveleuses.

Ces zones en creux ont été identifiées à partir d'une reconnaissance de la paléotopographie d'horizon identifié comme substrat possible de matière organique (fin de séquences fluviatiles). Cette paléotopographie a été tracée à partir de données de sondages électriques étalonnées sur des sondages mécaniques.

Référence :

CAPDEVILLE J.-P., DUBREUILH J. — Rapports B.R.G.M. 82 AQI 32 et 83 SGN 67 AQI

DUBREUILH J., KARNAY G., LE POCHAT G. — Rapports B.R.G.M. 83 SGN 378 AQI et 83 SGN 669 AQI.

RS. 1653

Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône) : Résultats de la campagne 1982-1983

Extension of the Gardanne lignite deposit (Bouches-du-Rhône). Reconnaissance results (1982-1983)

Ch. GLINTZBOECKEL

Le bassin fluvio-lacustre de l'Arc est constitué par une alternance de formations carbonatées et argileuses (Campanien à Eocène inférieur), dont l'épaisseur est supérieure à 1 500 mètres. La série carbonatée inférieure du Fuvélien (Campanien supérieur) contient des niveaux de lignite, mais seule une couche dite « Grande mine » fait l'objet d'une exploitation dans le secteur de Gardanne.

Une première campagne de reconnaissance (1976-1978), par 18 sondages, réalisée par les Houillères de Provence, a mis en évidence la continuité latérale des lithofaciès du Fuvélien ainsi que l'extension de la couche « Grande mine » au Nord et à l'Ouest du centre d'exploitation ; les limites du gisement n'ont cependant pas pu être précisées lors de cette campagne.

Une deuxième campagne réalisée par les Houillères de Provence, avait comme objectif de poursuivre cette reconnaissance, plus à l'Ouest, en direction de la plaine de Berre (bordure nord de l'étang de Vaine).

Les résultats de cette campagne (15 sondages réalisés) ont permis de confirmer le plongement régulier de la couche Grande mine, depuis la zone des affleurements au Nord (bordure de la chaîne de la Fare et de Coudoux), vers le secteur de Rognac, au Sud, où elle se situe à plus de 1 000 m de profondeur. Les résultats ont également permis de préciser l'épaississement progressif du Fuvélien, du Nord-Est (150 m) en direction du Sud-Ouest (300 m) ; cet épaississement a pour corollaire une amélioration des caractéristiques de la couche Grande mine dans cette direction : ouverture de couche 1,80 m au NE et 3,00 m au SW ; puissance cumulée de lignite 1,00 m au NE et 2,30 m au SW.

La couche Grande mine est isochrone et présente une remarquable continuité entre Gardanne et Velaux, distant de près de 20 km.

A l'Ouest et au Sud de Velaux la couche Grande mine devient atypique du fait d'un envahissement de la couche par des marnes. Tandis que la série carbonatée du Fuvélien ne subit aucune variation de faciès importante (les possibilités de corrélation, d'un sondage à un autre, sont excellentes), des marnes se substituent partiellement et préférentiellement aux niveaux de lignite et plus particulièrement à la couche Grande mine. L'avilissement de la couche Grande mine, par suite d'une argilosité importante, a été mise en évidence par trois sondages ; des conditions sédimentologiques particulières imposent ainsi une limite au gisement de lignite de Gardanne, dans la partie occidentale du bassin de l'Arc. Le biseau marneux, qui pourrait se situer entre Rognac et la Fare-les-Oliviers, figure le front d'un épandage marneux, ayant envahi le lac fuvélien, au détriment préférentiel des dépôts organogènes.

Référence :

DURAND J.-P. et *al.* (1980). — Le gisement de charbon du bassin de l'Arc (Houillères de Provence). *Revue de l'Industrie minérale*. Supplément au numéro de juin 1980. *Mém. B.R.G.M.* n° 122.

RS. 1654

Inventaire des ressources nationales de charbon : bassin de Manosque-Forcalquier (Alpes de Haute-Provence)

Lignite bearing of the Manosque-Forcalquier basin (Alpes de Haute-Provence)

Ch. GLINTZBOECKEL

Entre 1980 et 1983, le bassin oligocène de Manosque-Forcalquier a fait l'objet d'études géologiques et minières et de travaux de reconnaissance par sondages, qui furent réalisés dans le cadre de l'inventaire des ressources nationales de charbon et d'une convention entre le ministère de l'industrie et le B.R.G.M. Après trois ans de recherches, un bilan des résultats permet de mieux appréhender l'intérêt minier du bassin.

Les occurrences charbonneuses sont réparties entre le Ludien et l'Oligocène supérieur ; les faisceaux de lignite se situent cependant préférentiellement dans le Stampien supérieur et la base de l'Oligocène supérieur (formation des Marnes de Viens, avec un léger débordement dans les formations qui l'encadrent).

La plus forte concentration de lignite (niveaux décimétriques et couches métriques) est localisée dans la partie orientale du bassin où le front des dépôts détritiques duranciens impose cependant une limite à leur extension. Le dépôt de lignite s'est effectué préférentiellement au sein de sédiments carbonatés, qui se développent principalement dans l'axe de subsidence maximale du fossé de Manosque.

Sur le flanc nord du synclinal de Forcalquier, les couches de lignite se stérilisent à l'Est et à l'Ouest des anciennes exploitations de Sigonce.

Sur le flanc nord et le flanc sud de l'anticlinal de Manosque les couches exploitées, respectivement à Bois d'Asson et à la Gaude, s'avilissent à l'Est et à l'Ouest des anciens travaux. En amont des zones exploitées, les réserves sont insignifiantes et à l'aval les faisceaux de lignite s'ennoient rapidement à des profondeurs importantes.

Les conditions paléogéographiques régissent la répartition du lignite dans le bassin, mais l'instabilité du milieu de sédimentation entraîne une absence de continuité latérale des couches « productives ».

Les cinq sondages (924,90 m au total), implantés dans les zones d'extension des anciens travaux, avaient comme objectif la reconnaissance des faisceaux Sube, de Bois d'Asson et de Sigonce ; ils n'ont recoupé que des niveaux centimétriques ou décimétriques de lignite et ont été négatifs.

En conclusion, le bassin oligocène de Manosque-Forcalquier ne recèle qu'un petit gisement en combustible pauvre (faible pouvoir calorifique et teneur élevée en soufre) dont les ressources ont été exploitées dans leur majorité. La meilleure potentialité minière semble se situer entre Dauphin et Sigonce, mais se trouve enfouie, à une profondeur importante, en une bande étroite et de surface restreinte. C'est dans ces limites que se sont réalisées, à faible profondeur, la majeure partie des anciennes exploitations.

RS. 1655

Gazéification souterraine du charbon : modélisation de la rétrocombustion

Underground coal gasification : modelization of reverse combustion

M. RECAN
J.-P. SAUTY
avec la collaboration de
A. MENJOZ

Le G.E.G.S. a confié au B.R.G.M. la mise au point de modèles numériques permettant la prévision du développement d'un chenal de rétrocombustion et de sa forme finale, compte tenu des caractéristiques du milieu et du mode opératoire. Le problème à résoudre étant particulièrement complexe (très fort couplage des phénomènes, sur une limite interne mobile et déformable), il a été procédé par étapes.

En 1982, plusieurs techniques (différences finies, éléments finis) ont été mises en œuvre et testées sur un schéma monodimensionnel. La technique des réseaux d'éléments finis mobiles et déformables s'est révélée la plus efficace et la plus propre à être transposée dans une géométrie bidimensionnelle.

Le programme de l'année 1983 visait à la réalisation d'une modélisation complète dans un schéma axisymétrique (chenaux d'alimentation et d'évacuation supposés de résolution). Il a porté sur la simulation des transferts de chaleur qui constituent le point délicat (couplage très sensible de la combustion aux températures). De nombreuses difficultés ont dû être surmontées successivement :

— les vitesses du gaz doivent être calculées avec grande précision le long de la paroi réactive ; une technique de calcul par fonctions de courant a dû être adaptée pour remplacer la méthode traditionnelle à partir du champ de pression ;

— différentes techniques ont été développées et testées pour obtenir une déformation du maillage qui suive le déplacement du front tout en conservant une forme d'éléments propre au calcul ; une méthode par macro-éléments a été finalement retenue ;

— une fois les difficultés de technique numérique surmontées, il s'est avéré que le démarrage et l'entretien de la combustion nécessitent à la fois des températures et des gradients à la paroi en accord avec les conditions de réaction ; on a dû démarrer la simulation à partir de la

mise à feu initiale, dans des conditions semblables à celles parallèlement expérimentées sur échantillon par l'I.F.P. ;

— si la « Boîte Noire », simulant les réactions de combustion, est réaliste dans les zones de température (1 000 K - 2 000 K) et de concentration en oxygène (30 %) pour lesquelles elle a été mise au point, elle a besoin d'aménagements pour simuler le début de la réaction de façon tout à fait satisfaisante.

Enfin, la simulation ultérieure des transferts d'oxygène (avec chute de concentration vers l'aval) devra stabiliser la réaction de combustion, une fois celle-ci démarrée.

RS. 1656

Essai de combustion in situ des schistes bitumineux de Lorraine

In situ combustion of the Lorraine oil shales

L. BERTRAND
E. DURAND
D. LASSAGNE

Dans le cadre de l'Association pour l'exploitation in situ des schistes bitumineux, qui regroupe le B.R.G.M., TOTAL, Gaz de France et l'I.F.P., une première expérience de combustion in situ des schistes du Toarcien a été réalisée fin 1983 — début 1984, sur le site de Tranqueville (Vosges).

Ce site avait été équipé au cours des années précédentes, d'un doublet de forages de type pétrolier, de 230 m de profondeur, distants de 60 m, et traversant la couche de schistes, subhorizontale, sur 20 à 25 m. Une fracture (ou un réseau de fractures) a été ouverte dans cette couche à — 220 m par fracturation hydraulique, sous forme d'un disque d'assez grand diamètre pour assurer une communication entre la base des deux forages.

La « combustion » a été initiée artificiellement au moyen d'un allumeur électrique de type convectif, descendu au fond du puits d'injection, permettant d'atteindre 500 °C pour un débit d'air de l'ordre de 100 m^3/h. Cette « combustion » (plus exactement pyrolyse de la matière organique) a été entretenue après l'arrêt de l'allumeur par apport d'oxygène à partir d'une installation cryogénique de surface. L'intérêt principal de ce dispositif, par rapport à une injection d'air à partir d'un compresseur classique, réside dans la possibilité de faire varier à la demande le pourcentage d'oxygène dans le mélange, ainsi que les débits.

Les paramètres physiques — pression, débit, température — sur les deux puits et les paramètres chimiques — qualité et pourcentage des produits gazeux (hydrocarbures, O_2 résiduel, CO_2, ...) — sur le puits de « production », ont été suivis et enregistrés tout au long de l'essai.

Trois back-flows (purges) sur le puits d'injection (donc à proximité du front de combustion), ont été réalisés au cours et à la fin de l'essai et ont prouvé l'existence de cette combustion : fort pourcentage de CO_2 (15 %), diminution en pourcentage de O_2 (de 21 % à 10 %), présence d'huile dans l'eau recueillie et forte élévation de la température en fond de puits (150 °C).

L'ensemble de ces éléments permet de supposer que le front de combustion s'est développé jusqu'à une dizaine de mètres de la zone d'allumage, sous une forme discoïdale d'épaisseur maximale au centre.

Par la suite, un sondage carotté a été réalisé à 4 m du puits d'injection afin de prélever des échantillons de schistes brûlés : il a montré que ces schistes, devenus rouge-brique, étaient totalement brûlés sur une épaisseur d'environ 60 cm, avec un léger enrichissement en matière organique de part et d'autre de la zone de combustion.

Le principal résultat de cette expérience est de montrer qu'il est possible d'initier une combustion en profondeur dans des schistes ne contenant guère que 50 l/t environ d'huile, de l'entretenir et de produire une quantité de chaleur importante qui pourrait être utilisée ultérieurement pour faciliter la récupération d'hydrocarbures ou peut-être comme source géothermale.

RS. 1657

Constitution d'un centre de documentation sur les opérations géothermiques en France

Elaboration of a centre of documentation about geothermal operations in France

P. MAGET
avec la participation de
M. CLOUARD

L'article 1 de la convention établie entre l'A.F.M.E. et le B.R.G.M. stipule la création et la gestion d'une banque des données et d'un centre de documentation en géothermie pour répondre à deux objectifs :

— **de service public** par l'acquisition et la mise en consultation de certains documents et informations.

— **d'outil de travail** de l'A.F.M.E pour faciliter la gestion des ressources.

Ce rapport fait état des travaux réalisés en 1983 pour la géothermie de basse énergie, et de la disponibilité des documents et informations.

— 1) Les documents, constitués par les rapports de fin de travaux et les diagraphies différées, sont présentés pour plusieurs formes :

— **les originaux**, au titre de la « conservation des documents du sous-sol » base de toute recherche future.

— **les microfiches**, plus facilement consultables et reproductibles, conformément au travail déjà avancé au B.R.G.M.

— **la digitalisation** de certaines diagraphies pour le Dogger du Bassin Parisien, pour répondre à un programme de recherche de l'I.M.R.G., et offrant l'équivalent des enregistrements mémorisés pour les forages pétroliers.

2) Les informations, tirées des documents précédents, sont mises en :

— **banque de données**, d'une part pour les données d'intérêt public intégrées dans la structure existante du B.R.G.M., d'autre part pour les données spécifiques géothermiques en tant qu'outil à la disposition de l'A.F.M.E.

— **fiches**, rapidement consultables pour :

- les forages (informations techniques) ;
- les opérations (informations sur l'énergie et l'économie).

La mission a débuté en 1983 par l'acquisition des documents et les procédures d'acquisition. La transformation de ces documents et leur dépouillement se sont faits en priorité pour la région nord-parisienne, où les forages sont les plus nombreux et les problèmes de gestion les plus aigus, et se poursuivront ensuite aux autres régions françaises.

RS. 1658

Potentiel géothermique « basse température » en France

Low enthalpy geothermal potential in France

P. MAGET
avec la participation de
B. BOURGUEIL
J. CHAMAYOU
J. CHEMIN, C. FREY
R. MOURON, J. ROCHE
A. TALBOT

A.C. CCE n° EGA.1.037.F.

L'évaluation du potentiel géothermique français a été réalisé dans le cadre d'une action concertée (1) entre la Commission des communautés européennes — Direction générale de la recherche, de la science et de l'éducation (programme R & D « Energie ») — et le Bureau de recherches géologiques et minières.

Le cadre de l'étude est défini par les ressources aquifères dont l'intervalle de température va de 30 à 60°, approximativement. Cependant, il s'est révélé nécessaire d'actualiser les connaissances des aquifères à plus haute température étudiés antérieurement, afin d'obtenir à l'échelle de la France des résultats homogènes. Les ressources géothermiques ont été étudiées pour toute la France — à l'exclusion de la Bresse et du Couloir rhodanien dont la synthèse est en cours d'une façon détaillée pour les aquifères nouvellement étudiés, d'une façon schématique pour les autres aquifères ayant fait déjà l'objet de synthèses.

Les principaux résultats sont les suivants :

— Dans le Bassin Parisien, le Néocomien — enfin étudié pour la première fois — offre une ressource importante dans la gamme des températures considérées, de même que le Lusitanien dans le nord du Bassin où de nombreuses données inédites ont permis de préciser le

potentiel. La principale caractéristique du Bassin Parisien est l'abondance des ressources *continues,* même dans les calcaires (Dogger), ce qui a favorisé le développement de la géothermie.

— Dans le bassin du Nord, les récents forages de Belgique encouragent une exploration dans les calcaires du Paléozoïque (Valenciennes, ...).

— En Aquitaine, la ressource à partir d'aquifères continus — sableux et gréseux — se précise favorablement dans le Trias, au Nord, et le Cénomanien de la région bordelaise, de même que dans l'Infra-molassique du Sud-Est du Bassin. Le principal intérêt de l'Aquitaine est l'abondance des ressources en eau douce.

— L'Alsace offre peu de ressources à 30-60° ; cependant, les grès triasiques en bordure de la faille vosgienne présentent un nouvel intérêt pour une exploration.

— En Limagne, la présence d'un aquifère continu devient maintenant aléatoire, au vu des réalisations récentes.

— Dans les bassins méditerranéens, le développement considérable des séries carbonatées très tectonisées présente un intérêt certain, mais la ressource reste aléatoire dans ce type de « réservoir », comme le montre l'ensemble des réalisations géothermiques du Sud-Est.

Références :

HOUSSE B., MAGET Ph. — « Potentiel géothermique du Bassin Parisien » 1976. A.C. D.G.R.S.T./B.R.G.M./ELF AQUITAINE n°74-7-0990.

HOUSSE B., MAGET Ph. — « Potentiel géothermique du Bassin Parisien » 1977. A.C. D.G.R.S.T./B.R.G.M./S.N.F.A. (P) n° 76-7-1932.

MAGET Ph., TIETZE F., WALGENWITZ Ed. — « Synthèse géothermique du Fossé rhénan supérieur 1979. A.C. C.C.E./D.G.R.S.T./B.R.G.M./G.L.B.W. n° 507-78-1-EGF.

BECKELYNCK J., BOSCH B., TALBOT A. — « Etude des possibilités d'exploitation d'eau chaude dans le Hainaut » 1981. A.C. C.C.E./B.R.G.M. n° EG.C.2.009.F. Rapport 81.SGN.868.NPC.

(1) « Étude de synthèse du potentiel géothermique du littoral méditerranéen de Marseille à Perpignan » 1982. A.C.C.C.E./Géotherma/Institut de Géodynamique Bordeaux III.

RS. 1659

Synthèse sur les ressources géothermiques « basse énergie » en France : implications scientifiques et économiques

Synthesis on low enthalpy geothermal resources in France : scientific and economical involement

P. MAGET

L'évaluation du potentiel géothermique français, entreprise de 1974 à 1983, a abouti dans certaines régions à des cartes de synthèse donnant la puissance géothermale disponible (double représentation de la productivité et de la température).

Ces cartes ne sont pas réalisables pour toute la France ou ne sont pas cohérentes entre elles.

On a donc distingué 2 types d'aquifères, liés à la géologie (lithofaciès, contexte structural,...) et qui traduisent deux types de ressource selon des critères de fiabilité.

Les aquifères continus

Ils sont constitués par des formations *poreuses* et *perméables* tels, sable, grès, calcaire oolithique et dans un contexte géologique calme. C'est le cas des aquifères du Bassin parisien (Néocomien, Dogger, ...) ou des sables dans le Bassin aquitain (Infra-molassique, Cénomanien sous Bordeaux).

Il est possible, ici, d'accorder une valeur de fiabilité à la ressource en fonction du degré de connaissance des aquifères. On distingue alors les ressources *prouvées, probables* ou *possibles.*

Les aquifères discontinus

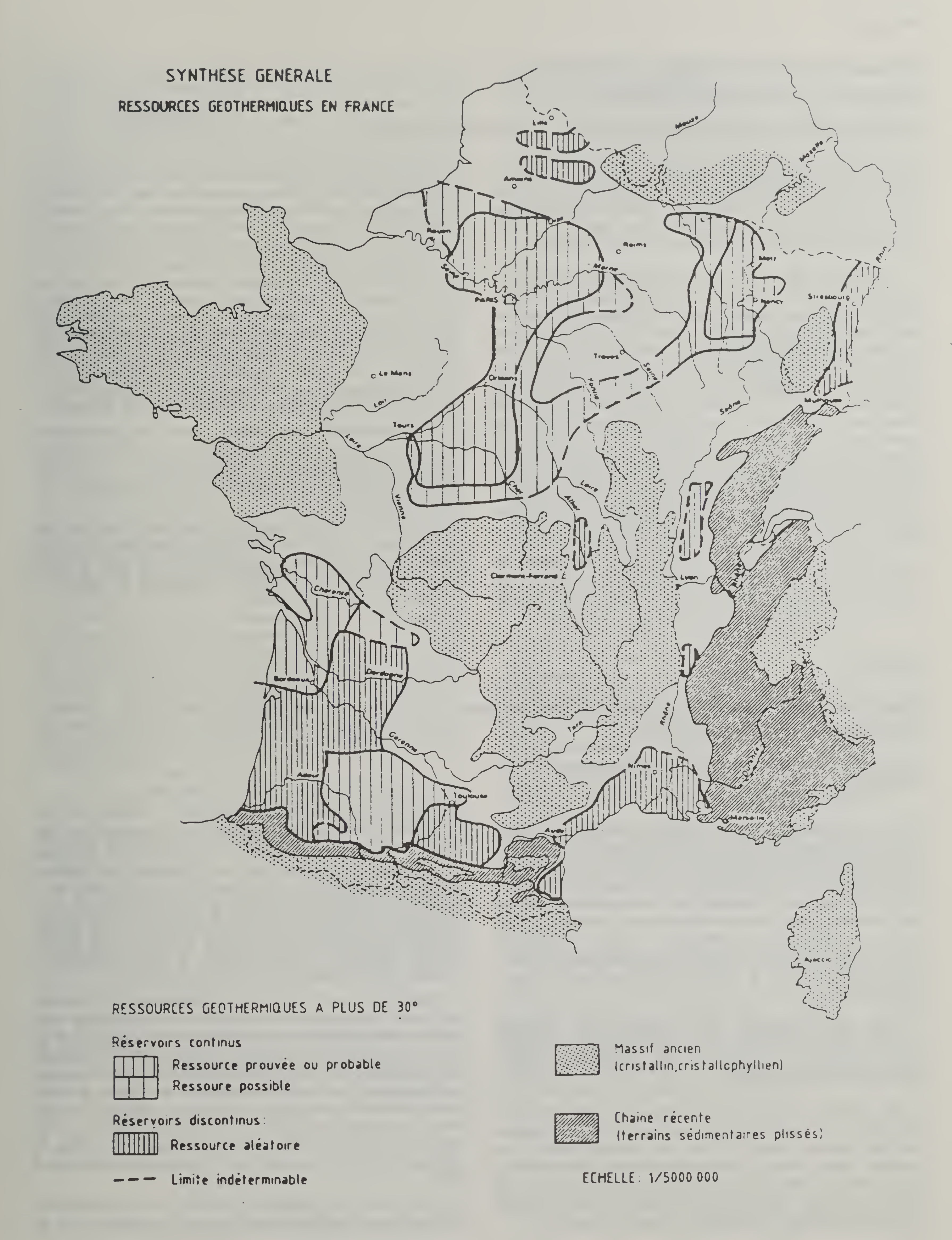
Ils sont constitués par les formations *intrinsèquement compactes,* tel le calcaire de faciès de plate-forme (cas le plus général du calcaire). Ces formations ne sont productrices que par *fracturation,* voire par karstification. C'est le cas des calcaires du Crétacé dans le Bassin aquitain, ou du Jurassique dans le Sud-Est.

La ressource a un caractère aléatoire. Il n'est plus possible de parler ici de ressource « prouvée » même s'il existe des données de forages situés à proximité.

Dans ce type d'aquifère, on peut classer également les formations poreuses « continues » mais situées dans des régions à tectonique complexe où de grands accidents géologiques peuvent provoquer une disparition locale de la ressource ou seulement créer un compartimentage qui limite la ressource.

Cette distinction se répercute sur la conception du risque géologique et le montage d'un projet. Dans le premier cas, le risque est lié à la marge d'erreur déterminable. Dans le deuxième cas, le risque est permanent et doit s'appliquer aux 2 forages d'un doublet.

Une autre conséquence est la détermination quantitative des réserves et ressources qui ne peut être faite que dans le cas des ressources « continues ».


SYNTHESE GENERALE
RESSOURCES GEOTHERMIQUES EN FRANCE
Lille
Amiens
Rouen
Reims
Marne
PARIS
Seine
Metz
Nancy
Strasbourg
Rhin
Moselle
Meuse
Le Mans
Orléans
Tours
Loire
Troyes
Saône
Vienne
Cher
Allier
Lyon
Clermont-Ferrand
Charente
Bordeaux
Dordogne
Garonne
Adour
Tarn
Rhône
Toulouse
Nîmes
Marseille
Mulhouse
Ajaccio
RESSOURCES GEOTHERMIQUES A PLUS DE 30°
Réservoirs continus
Ressource prouvée ou probable
Ressoure possible
Réservoirs discontinus:
Ressource aléatoire
Limite indéterminable
Massif ancien
(cristallin,cristallophyllien)
Chaine récente
(terrains sédimentaires plissés)
ECHELLE: 1/5000 000

RS. 1660

Le doublet géothermique de Melleray : diagenèse et porosité (Loiret)

The Geothermal doublet of Melleray (Loiret) : diagenesis and porosity

Ch. ROBELIN
J.-P. CAUTRU

Le doublet géothermique de Melleray, qui tente d'exploiter la nappe du Trias, connait de sérieuses difficultés au niveau de la réinjection. Pour tenter d'expliquer les problèmes de colmatage constatés dans le puits de réinjection, une étude en deux volets a été entreprise.

Le premier volet concerne la connaissance de la lithologie locale du Trias. A l'aide de l'interprétation des données diagraphiques instantanées et différées, de l'examen des échantillons de cuttings et de deux courts tronçons carottés, la nature et l'évolution verticale des faciès ont été précisées. Les alternances de conglomérats, grès d'argilites et de dolomie sont organisées en séquences positives, reflet de la tendance transgressive générale du Trias. Les lames minces confectionnées dans les cuttings permettent de mettre en évidence une gradation au niveau des ciments. Aux associations néogénétiques silice-sulfure (pyrite) et oxydes de fer caractérisant la base de la série, succèdent les cortèges à kaolinite-silice-oxydes de fer-dolomite passant eux-mêmes ensuite à des assemblages à kaolinite-silice-dolomite abondante.

Le second volet consiste en un suivi pétrographique d'expériences de percolation sous pression, réalisées sur les échantillons de grès carottés. Cette expérience est menée dans le but de simuler les phénomènes pouvant se produire dans les espaces poreux lors de la réinjection. Les études se poursuivent, mais d'ores et déjà, l'examen d'esquilles de roches au MEB, a permis de préciser la nature et la chronologie des phases néogénétiques de poronécrose et de disposer de bases sérieuses pour la comparaison entre échantillons percolés et non percolés. En particulier, on montre que la porosité est en grande partie acquise par dissolution poussée des feldspaths potassiques. La syncristallisation de kaolinite (tablettes de 10 microns en moyenne, assemblées en rosettes ou vermicules) et de quartz automorphe (épitaxique sur les quartz détritiques) semble traduire une précipitation sur place d'éléments libérés par la dissolution des feldspaths.

La cristallisation des autres phases de poronécrose-argiles potassiques développées en voile sur les kaolinites et quartz *(étude en cours),* dolomite tardive — paraît plutôt avoir nécessité une migration d'éléments dans les fluides interstitiels.

Les études sur les échantillons percolés et non percolés doivent se poursuivre en 1984, principalement à l'aide du MEB. Elles bénéficieront également de la mise en place d'un équipement de cathodoluminescence au service de sédimentologie du B.R.G.M.

RS. 1661

Etude détaillée de l'aquifère géothermique du Dogger en Ile-de-France

Detailed study of the Dogger geothermal aquifer of the Ile-de-France

D. GIOT
J. ROJAS

Le but de cette étude est d'établir une meilleure caractérisation sédimentologique et diagraphique du réservoir et particulièrement des niveaux productifs une meilleure compréhension des phénomènes de diagénèse et leurs conséquences sur l'évolution du réseau poreux, l'étude des relations entre hauteur poreuse et hauteur productrice, les corrélations géologiques puits à puits afin d'essayer d'élaborer un modèle hydrodynamique du réservoir en relation avec la sédimentation, la diagénèse et la fracturation.

D'une façon générale, sur l'ensemble des sondages étudiés, le niveau producteur principal (entre 50 et 70 % de la production du puits), se situe systématiquement dans l'ensemble oolithique.

Les études précédemment réalisées (rapport 82 SGN 736 GTH) ont permis d'établir que seule une corrélation partielle existait entre le milieu de sédimentation et la porosité. Deux voies de recherches ont été développées, l'une dans le sens d'une meilleure caractérisation des paléo-milieux et l'autre dans la recherche des facteurs affectant l'évolution du système poreux du réservoir.

Dans la première voie, une étude des biophases a permis de confirmer l'attribution à des contextes de plate-forme interne et de barrière de l'ensemble des niveaux poreux et d'attribuer les termes calcaréo-argileux de la base du sondage à des milieux de plate-forme externe. La seconde voie de recherche a été orientée sur les phénomènes diagénétiques. La dolomie jouant un rôle de colmatant partiel du réseau poreux, il importait donc de localiser son développement de façon précise.

Dans notre cas, il s'agit de cristallisations qui colmatent de façon irrégulière et partielle, le réseau poreux. Elles sont notées de façon systématique dans les niveaux les plus perméables (niveaux R6-R7 et R8 de 1722 à 1733 m) correspondant au faciès barrière oolithique. Les analyses minéralogique et cristallochimique de cette dolomie ciment révèlent une nature calcitique et ferrifère (composition moyenne de $CaCO_3$: 57 moles % ; $MgCO_3$: 41,5 moles % et $FeCO_3$: 1,6 moles %) indiquant un milieu de genèse faiblement concentré et à température inférieure à 120°.

Au cours des premiers examens, un enchaînement d'événements diagénétiques, causes ou conséquences de

l'évolution du réseau poreux, a été reconnu. La compréhension du développement de la porosité actuelle passe nécessairement par la connaissance de l'origine des dissolutions et cimentations successives. Le schéma évolutif proposé sur les seules bases de l'analyse pétrographique a été complété partiellement par des analyses capables de caractériser les ciments successifs. Cette démarche n'a été abordée que cette année par quelques analyses isotopiques et de cathodo-luminescence. Les résultats sont encourageants et incitent à proposer un programme d'analyses plus systématiques.

La fréquence des phénomènes de dissolution observés au niveau du réservoir principal nous a incité à réaliser un examen microstructural des carottes. Il apparaît que le développement des cavités de dissolution est à mettre en relation avec celui d'une microfissuration importante, affectant sélectivement les calcaires oolithiques à forte porosité matricielle.

RS. 1662

Synthèse géothermique du « rift » de la vallée du Rhône

Geothermal synthesis of the Rhône Rift valley

F. BERTHIER
A. GRAILLAT
P. MAGET
R. GABLE

Action concertée C.E.E. n° EGA 038 F

Entre le socle du Massif central et les chaînons sédimentaires du Languedoc, à l'Ouest, les reliefs du Jura, les reliefs subalpins et ceux de Provence à l'Est, le « rift » de la vallée du Rhône s'allonge sur 400 km entre Dijon, au Nord, et Marseille au Sud.

Ce bassin sédimentaire restait à étudier quant à son potentiel géothermique.

— Dans ce but, 150 sondages ont fourni, d'une part, des logs lithostructuraux corrélés entre eux et replacés dans le contexte paléogéographique général, d'autre part les caractéristiques des réservoirs aquifères possibles (porosité, perméabilité, D.S.T., température, salinité et pression). Cette collecte interprétée et confrontée aux données géophysiques (sismique, gravimétrie) et aux études structurales de surface a permis d'établir trois divisions régionales.

• Un domaine de plate-forme à séries calcaires épaisses du Dogger, du Jurassique supérieur et localement du Crétacé moyen à supérieur, s'étend de Dijon au Nord, à Valence au Sud. C'est une fosse tectonique profonde à « horsts » et « grabens ».

• Un domaine « vocontien » relaie le précédent jusqu'à Marseille : il est caractérisé par de forts plissements. Le manque de données, propres à notre sujet et relatives à certaines formations du Mésozoïque ne permettent de considérer comme seuls réservoirs possibles que des formations d'âge Crétacé.

• Les zones ardéchoises proches du socle et la zone provençale sont caractérisées par les épaisses séries dolomitiques et calcaires du Dogger et du Jurassique supérieur, faillées et laminées dans la première zone, charriées dans la deuxième. Les fortes variations des caractéristiques du réservoir sont à relier à des événements tectoniques majeurs et à l'hydrologie karstique qui en résulte.

Compte tenu de l'extension des formations et de l'importance des données de référence, trois sortes d'objectifs géothermiques sont définis :

— réservoirs aquifères peu profonds ou à hauts risques,
— réservoirs aquifères étendus et fracturés,
— réservoirs aquifères étendus et peu fracturés.

Ceux-ci sont les plus intéressants ; ils sont localisés principalement entre Dijon et Lyon. Les calcaires francs et calcaires oolithiques du Dogger (d'épaisseur supérieure à 200 m) renferment des couches poreuses productives épaisses de 10 à 100 m, la température atteignant 120 °C. Seuls les réservoirs inclus dans les blocs remontés tendent à conserver leurs porosités. De ce fait, une ressource géothermique (100 m^3/h) aurait une température d'environ 50-60 °C, la salinité n'excédant pas 20 g/l.

Le Jurassique supérieur (calcaire) montre, dans l'ensemble, les mêmes caractéristiques que le Dogger. Seules les zones de « horsts » montrent de hautes porosités, mais la température n'excède pas 40 à 50 °C.

Les grès miocènes révèlent un potentiel géothermique trop discontinu, les températures variant entre 20 et 30 °C.

Parmi les différentes unités constituant le bassin sédimentaire du « rift » de la vallée du Rhône, plusieurs présentent un potentiel géothermique de valeur très variable. Seuls les calcaires du Dogger et du Jurassique supérieur peuvent être considérés comme objectifs régionaux entre Dijon et Valence, les moindres risques étant liés aux cibles les moins profondes à porosité conservée mais où la température n'excède pas 50 à 60 °C.

RS. 1663

Effets des structures géologiques sur la distribution des températures dans les bassins sédimentaires

F. BERTHIER
J.-R. DAUM
R. GABLE
G. LE POCHAT

The influence of geological structures on the subsurface temperature pattern in sedimentary basins

Action concertée C.E.E. n° EGA 036 F

L'élévation progressive de la température des roches avec l'approfondissement, ou gradient géothermique, matérialise un régime permanent de transfert de chaleur depuis la profondeur jusqu'à la surface (flux géothermique) au travers de roches de diverses conductivités.

La densité de plus en plus élevée de mesures de température permet progressivement d'identifier des domaines géostructuraux caractérisés par une intensité du flux géothermique différente, et, partant, des gradients fort différents.

Toutefois, au sein d'un même bassin sédimentaire, les forages géothermiques ont mis en évidence des anomalies brutales non suspectées jusqu'ici et dont l'interprétation reste discutée.

L'objet de cette étude a été de préciser dans quelle mesure les structures géologiques peuvent jouer un rôle dans les anomalies thermiques observées.

Les travaux ont été réalisés en trois étapes :

1) Collecte de données et sélection des paramètres. Une quinzaine de coupes lithostructurales, traversant les principales structures géologiques ont été réalisées dans le Fossé rhénan, le Couloir rhodanien, la Limagne et les Bassins parisien et aquitain.

Les données concernant la conductivité thermique des roches, tant du socle que du sédimentaire, ont été compilées et analysées à la lumière des paramètres faciologiques et texturaux ; elles ont permis d'établir des références utilisables pour les modélisations suivantes :

— Les principales données concernant le flux géothermique et la productivité de chaleur ont été regroupées, dans le but d'en dégager les paramètres susceptibles d'intéresser les bassins sédimentaires français ;

— Le rôle des phénomènes transitoires n'a été évoqué que dans la mesure où ces derniers sont susceptibles de modifier considérablement un équilibre conductif initial, dans le temps et dans l'espace.

2) Modélisation de structures géologiques. Dans un premier temps des modèles conductifs à 3 ou 4 couches (méthode de relaxation par différences finies) ont été réalisés pour chaque bassin sédimentaire. Plusieurs types de variations des isothermes, imputables uniquement aux structures géologiques (formes et contrastes de conductivité) ont été discutés.

Par extension, la schématisation des structures des bassins sédimentaires et des formes structurales (plis, failles, variations de conductivité) en tant qu'anisotropie géologique a été réalisée pour différents ratios L/h (longueur, profondeur). Dans un second temps, l'incidence des structures de socle, en dessous des bassins sédimentaires, a été modélisée. La combinaison des formes structurales, des conductivités, des âges orogéniques et des productions de chaleur supposées conduit à une évaluation des densités de flux à la base des bassins, exprimée en amplitudes et longueurs d'ondes des anomalies. Les provinces structurales que l'on en déduit, appliquées aux bassins sédimentaires français se révèlent particulièrement cohérentes pour les quelques références dont on dispose.

La synthèse de ces deux approches conduit à considérer les distributions du flux géothermique au travers d'un bassin sédimentaire comme la résultante de déséquilibres locaux à l'intérieur des bassins, déséquilibres dus aux seules structures sédimentaires et provinces structurales régionales aves des anomalies locales qui peuvent être considérées comme des sources de chaleur à la base des sédiments.

3) Etude quantitative de quelques cas-types en milieu sédimentaire. Les modèles réalisés sur les sections du bassin de Paris ont démontré que les seuls changements latéraux de conductivité des roches (variations de faciès) ne peuvent expliquer, à elles seules, des variations de 8 °C à 1 700 m dans le Dogger à 5 km de distance. L'existence d'une source de chaleur doit être invoquée ; l'extrapoliation de cette anomalie à l'ensemble de la colonne sédimentaire (Trias) conduit à évaluer une différence de température actuelle, qui serait de l'ordre de 20 °C. Sur cette base, une réflexion concernant les anomalies thermiques transitoires a été menée, elle conduit à proposer des phénomènes convectifs induits dans les aquifères au cours des temps, et partant, une modification de la qualité et de l'organisation de ces aquifères.

Des modèles identiques sur les structures Aquitaine conduit à des résultats identiques et plus contrastés.

RS. 1664

Étude de l'impact thermique d'un rejet d'eau froide en aquifère

M. GRIMA
J.-Y. AUSSEUR
J.-.P. SAUTY

Thermal impact of cold water injection in aquifers

Le développement des pompes à chaleur sur eau de nappe pour le chauffage pose le problème de la conservation de la ressource en eau. Celui-ci est résolu si les eaux sont réinjectées dans leur aquifère d'origine, après extraction de calories ; en contrepartie, ces eaux créent, autour du forage d'injection, une zone froide d'extension crois-

sante dans laquelle la faisabilité technique d'autres installations du même type peut être remise en cause. Ces doublets concernent généralement des aquifères peu profonds, siège d'un écoulement non négligeable (quelques dizaines à quelques centaines de mètres par an), susceptible d'entraîner par advection une partie de l'eau froide injectée. Nous avons étudié en 1982 l'évolution de la zone d'aquifère refroidie (extension et niveau thermique), dans des hypothèses très schématiques ; écoulement uniforme peu perturbé ou prise en compte de la proximité du sol, mais en régime thermique stabilisé (Ausseur, Sauty, Colloque Castany, 1982).

En 1983, ce travail a servi de base à une étude systématique de sensibilité aux différents facteurs physiques négligés par cette approche préliminaire. Elle a fait l'objet de la seconde partie de la thèse de Michel Grima, qui a notamment appliqué les résultats qu'il avait obtenus en première phase sur les transferts thermiques à travers une éponte supérieure non saturée.

Cette étude a été partiellement réalisée à l'aide de modèles numériques ; dans bien des cas, des solutions analytiques approchées ont pu être développées, vérifiées puis utilisées pour la simulation rapide en fonction des différents paramètres. Elles permettent notamment d'évaluer l'erreur induite par l'utilisation d'une formulation approchée.

Les différents points suivants ont été abordés :

— modélisation : équations aux paramètres physiques, choix de variables réduites, équations réduites, mise au point d'un modèle numérique, validation du modèle,

— influence de la proximité du sol en régime transitoire,

— influence du gradient thermique vertical au sein de l'aquifère,

— influence de la conduction thermique horizontale dans les épontes,

— influence de la désaturation de l'éponte supérieure,

— influence d'une température de surface différente de la température naturelle de l'aquifère,

— influence de la dispersion cinématique,

— influence de non-uniformité des écoulements dans l'aval immédiat du puits de rejet.

Référence :

GRIMA M. — Modélisation des bilans thermiques des aquifères à surface lisse. Influence de la zone non saturée et étude des panaches de rejet de pompe à chaleur. Thèse 3e cycle. Université de Grenoble et Institut national polytechnique de Grenoble.

RS. 1665

Etude du procédé Corail. Echangeur vertical enterré pour pompe à chaleur sol-eau

Vertical heat exchanger for soil-water heat pump

J.-Y. AUSSEUR
M. JAY
J.-P. SAUTY
H. TALBO

Le sol constitue pour les pompes à chaleur eau-eau une source froide dont la température est pratiquement indépendante des fluctuations saisonnières de la température de surface. Dans les régions ne bénéficiant pas d'eaux souterraines, l'implantation d'échangeurs dans le sol permet l'extraction des calories par conduction thermique. Les tubes horizontaux enterrés conviennent mieux en sol meuble, les forages verticaux en région de socle.

Le procédé Corail est basé sur ce dernier principe : un forage équipé d'un tube central est le siège d'un écoulement d'eau en circuit fermé avec descente par l'annulaire, remontée par le tube central et bouclage sur l'évaporateur de la pompe à chaleur. La conductivité thermique du sol assure une large diffusion de la perturbation due à l'extraction des calories de la roche : on peut s'attendre, après l'arrêt d'exploitation durant l'été, à une faible rémanence du refroidissement de l'hiver précédent. Par ailleurs, il est possible d'envisager une recharge thermique du sol durant l'été (calories solaires ou industrielles ...) ; l'installation d'un grand nombre de forages installés à proximité les uns des autres limitera les pertes de chacun.

L'A.F.M.E., la municipalité de Lannion et le Conseil général des Côtes-du-Nord, ont financé en 1983 l'étude générale du procédé et son application à l'étude de faisabilité et la définition d'un projet à réaliser sur le site de l'école du Rusquet, commune de Lannion. La réalisation du prototype est programmée pour 1984.

Les principaux résultats sont les suivants :

1) Un modèle numérique a été adapté pour simuler le comportement thermique de l'ensemble échangeur-encaissant. Diverses méthodes d'intégration ont été testées ; le code de calcul a été vérifié par rapport à une solution analytique existante.

2) Une série de solutions analytiques originales a été établie pour prévoir le fonctionnement de l'échangeur souterrain exploité soit à température d'entrée imposée, soit par prélèvement d'un écart thermique imposé (constant ou variable par paliers), avec descente par l'annulaire et remontée par le tubage central ou l'inverse. D'abord développées pour un forage unique dans un réservoir infini, ces solutions ont été étendues aux applications en milieu confiné (batterie de forages rapprochés). Ces solutions permettent de prévoir l'évolution des températures, d'une part dans le forage (source froide de la pompe à chaleur) et d'autre part dans le réservoir géologique (impact thermique).

3) Les solutions établies pour un sol de caractéristiques thermiques homogènes initialement en équilibre de température avec un flux géothermique uniforme postulent la

validité de quelques hypothèses simplificatrices dont l'influence, étudiée de façon systématique, s'est révélée négligeable dans la plupart des applications.

4) L'utilisation de certaines de ces solutions nécessite une programmation relativement complexe. C'est pourquoi des abaques universels ont été établis en fonction de variables adimensionnelles. Chaque fois qu'il nous a été possible, des formules analytiques simplifiées, valables pour les temps longs (plusieurs dizaines de jours), ont été développées ; elles sont exploitables sur calculatrice de poche. L'ensemble de ces outils autorise l'étude de la faisabilité technique d'un avant-projet sans avoir recours à un ordinateur.

5) L'inefficacité du stockage de chaleur à partir d'un forage unique a été démontrée. Par contre, le stockage au moyen d'une batterie de puits conduit à une bonne efficacité thermique, d'autant meilleure que les forages sont nombreux (plusieurs dizaines à plusieurs centaines) et rapprochés (quelques mètres). Cependant, un compromis est à trouver sur l'espacement des ouvrages : le taux de restitution croît avec leur proximité mais la quantité d'énergie emmagasinable diminue corrélativement.

6) Les méthodes de calcul manuel ont été appliquées à des exemples de stockages cycliques complexes : charge à température imposée et destockage à puissance imposée ; les résultats ainsi obtenus sont proches de ceux du modèle numérique complet.

Références :

AUSSEUR J.-Y., SAUTY J.-P. — Projet Corail (pompe à chaleur sol-eau). Rapport final. Première partie : Etude générale et conclusions d'ensemble. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 447 EAU.

AUSSEUR J.-Y., JAY M., SAUTY J.-P. ., TALBO H. — Projet Corail (pompe à chaleur sol-eau). Rapport final. Deuxième partie : étude de faisabilité d'un prototype à Lannion (Côtes-du-Nord). Rapport B.R.G.M. 83 SGN 670 EAU.

RS. 1666

Utilisation thermique de la nappe phréatique au niveau de Strasbourg

Ground water use for heating in the Strasbourg Area

Y. BABOT
F. MERHEB
J.-P. VANÇON

Une méthodologie originale a été mise au point pour une meilleure gestion hydrothermique des nappes à très basse énergie et qui sont de plus en plus sollicitées par une exploitation anarchique des doublets de forages pour pompe à chaleur eau-eau.

L'action a été menée sur la région de Strasbourg (Bas-Rhin) où la densité des installations thermiques est la plus importante en Alsace.

Le secteur concerné s'étale sur une surface de 16 000 hectares concernant une vingtaine de communes et une population de 400 000 habitants.

Le programme développé sur plusieurs années est composé de deux phases principales :

1) Etablissement d'un état actuel de la nappe à travers une campagne de mesures piézométriques, chimiques et thermiques, ainsi qu'une surveillance rapprochée des installations existantes.

Acquisition de données climatiques, géologiques, bibliographiques ainsi qu'un inventaire complet des pompages sur la nappe phréatique.

2) Elaboration d'un modèle hydrothermique destiné à gérer la ressource énergétique et à préserver les utilisations traditionnelles de la nappe. Sa structure prévoit un enchaînement automatique à partir du modèle régional pour une étude locale utilisant un nouveau maillage plus fin.

La modélisation a été testée et ajustée sur un site pilote comprenant un rejet d'eaux chaudes (« Café Hag »).

Son exploitation a comporté quatre étapes de simulation :

— calage sur un état de référence de 1980 ;

— actualisation : état 1983 ;

— simulation des projets réalisables jusqu'à 1985 ;

— test de potentialité de la nappe sur des hypothèses d'exploitation concernant les quartiers des grands ensembles d'habitation.

Le calcul par modèle s'est avéré un moyen précieux pour l'évaluation des impacts et des interférences relatifs aux installations simulées ; les comportements hydrauliques et thermiques de la nappe ont pu être synthétisés par rapport aux différents termes de transferts mis en jeu.

Les bilans thermiques de la nappe montrent un basculement en 1983, les rejets froids dépassent les rejets chauds.

Les prélèvements en nappe pour utilisation thermique augmentent du double en moyenne tous les deux ans. Le bilan thermique global, positif jusqu'à 1980, devient négatif avec l'augmentation plus rapide des rejets froids en nappe.

En 1983, les économies de chauffage dues aux P.A.C. eau/eau s'élèvent à 5 000 TEP/an, se traduisant par 20 MF (uniquement sur frais de fonctionnement) concernant un total de 10 000 équivalents logements.

Les cartes d'impact thermique montrent une intensification chronologique dans les quartiers où interfèrent plusieurs installations (phénomène en cascade). L'impact sur les captages d'eau potable reste négligeable. Certains puits de captages des industries alimentaires risquent d'être atteints par un panache thermique.

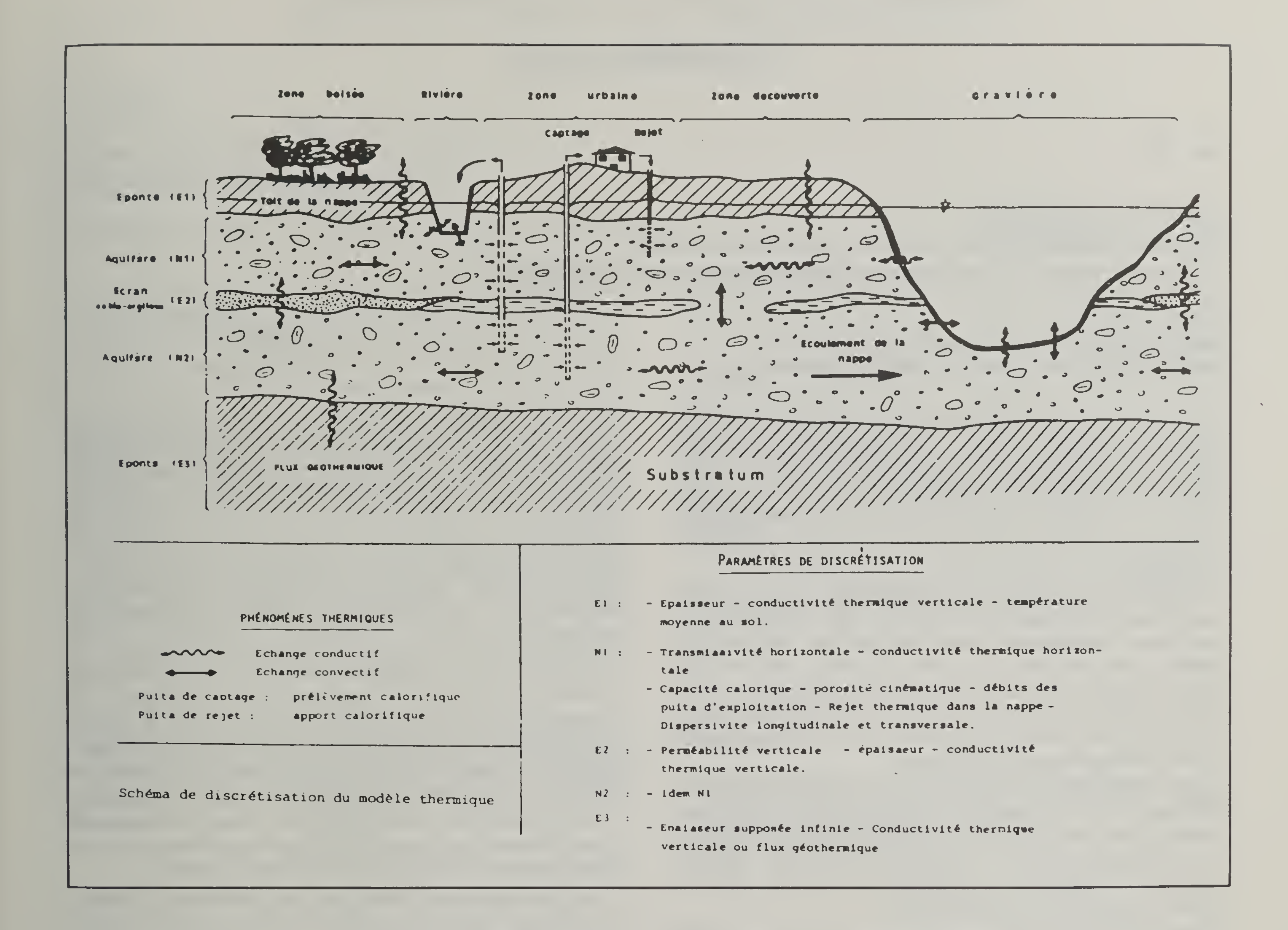


Schéma de discrétisation du modèle thermique

La nécessité d'une gestion globale de la nappe phréatique à Strasbourg apparaît urgente, et donc une certaine règlementation concernant essentiellement les puits de rejet :

— protection des captages d'eau potable et d'industries alimentaires ;
— protection des installations thermiques existantes ;
— actualisation des données par

• déclaration des puits, analyses de contrôles aux rejets,
• campagne bi-annuelle de mesures thermiques.

Références :

RINCK G. (1980). — Utilisation thermique de la nappe phréatique d'Alsace. Etablissement d'un état actuel dans la région de Strasbourg. Surveillance thermique et chimique des installations types. Rapport B.R.G.M. 80 SGN 488 ALS.

BABOT Y., RINCK G., VANÇON J.-P. (1982). — Utilisation thermique de la nappe phréatique d'Alsace au niveau de Strasbourg. Contrôle thermique et chimique de la nappe en 1981. Rapport B.R.G.M. 82 SGN 391 ALS.

MERHEB F., BABOT Y. (1983). — Utilisation thermique de la nappe phréatique d'Alsace au niveau de Strasbourg. Exploitation d'un modèle de gestion. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 852 ALS.

Télédétection

RS. 1667

Imagerie spatiale. Méthodologie d'une étude multitemporelle et évaluations de certaines applications thématiques

Spacial imagery. Methodology of a multitemporal study and evaluation of some thematical applications

P. DUTARTRE
C. KING
J.-F. MALON

Parmi les atouts des données satellitaires (données numériques, multispectrales, vues synoptiques), le caractère de répétitivité des enregistrements est, à l'heure actuelle, l'un des moins valorisés. Pourtant cette qualité suscite un intérêt particulier quant aux possibilités de comparaison diachronique des caractéristiques spectrales d'un milieu.

La confection d'images diachroniques repose sur les hypothèses suivantes : en surface, les caractéristiques des roches affleurantes, des sols nus ou des couverts végétaux peuvent subir au cours du temps des modifications influençant la réponse spectrale. La variabilité temporelle de cette réponse peut être spécifique d'un milieu et constituer un indice d'identification pour l'interprétation par un géologue ou un pédologue.

Une méthode numérique de réalisation d'image diachronique a été développée à partir de données MSS Landsat. Elle est directement transposable aux données du futur satellite SPOT. L'évaluation de l'apport thématique a été envisagée sur un exemple régional : la vallée du Rhône et la bordure sous-cévenole.

La juxtaposition de scènes acquises à des dates différentes (mai et septembre 1976, janvier 1977), soulèvent des difficultés d'ordre géométrique et d'ordre radiométrique.

La première se résoud par détermination et application d'un modèle de rectification géométrique. Les résultats, très performants, permettent d'atteindre une précision de superposition inférieure à la taille du point-réponse (pixel de 79 × 79 m).

La seconde difficulté réside dans l'absence de calibration radiométrique des données Landsat. Elle entraîne la nécessité d'un certain nombre d'hypothèses basées sur la définition d'objets invariants dans le temps en terme de réflectance aux longueurs d'onde utilisées. Ces objets servent d'« amers » radiométriques relatifs (villes, carrières à ciel ouvert, etc.). L'équilibre radiométrique obtenu présente deux avantages : d'une part il permet la conservation de la variabilité spatiale des réponses spectrales d'une date donnée. D'autre part, il permet une interprétation raisonnée des couleurs résultantes fondée à la fois sur la connaissance des courbes spectrales théoriques (eau libre, sols nus et grands types de végétation) et sur la compréhension des successions temporelles de réponses dans un milieu donné.

L'apport thématique, dans le contexte régional de la vallée du Rhône, est essentiellement lié aux variations du couvert végétal et concerne principalement les distinctions de milieux pour lesquels l'occupation des sols est identique dans l'espace et dans le temps : c'est le cas démonstratif des extensions de feux de forêts et des régions de céréalicultures. L'occupation du sol peut constituer un critère indirect d'identification d'une formation lithologique : c'est l'exemple des terrasses quaternaires de Pierrelatte.

Les caractères structuraux des unités sont simplement renforcés.

Enfin la mise en évidence de cours d'eau à régime contrasté avec les saisons (la Durance) est bien rendue, malgré la résolution spatiale des données Landsat peu satisfaisante pour des études hydrologiques de ce type.

Pour cette étude méthodologique, nous avons abordé essentiellement les aspects de disparités de croissance et de développement dans une couverture végétale.

On peut également envisager d'appréhender un certain nombre de phénomènes concernant l'instabilité d'un milieu (érosion, désertification, inondations...). Il faut cependant tenir compte de deux contraintes primordiales :

Les figures étudiées doivent avoir une taille perceptible avec la résolution des images satellitaires. Celle du futur système SPOT (20 × 20 m) sera plus adaptée à des études localisées. De même, le rythme d'évolution temporelle des phénomènes doit être compatible avec les intervalles de temps séparant les trois enregistrements sélectionnés.

Référence :

DUTARTRE P., KING C., MALON J.-F. — « Imagerie spatiale : évaluation de l'apport d'une imagerie diachronique ». Rapport B.R.G.M. 83 SGN 723 GEO.

RS. 1668

Mesures de densité en forage : diagraphie gamma-gamma

Formation density measurement : gamma-gamma logging

A. STRAUB

Les diagraphies fournissent une information locale, le volume intéressé par la mesure étant de dimension décimétrique. Leur interprétation nécessite donc la prise en compte des conditions de mesure, notamment les caractéristiques du forage et de son équipement. Ceci est vrai, en particulier, pour la diagraphie gamma-gamma, dont l'objet est d'évaluer la densité de l'environnement immédiat du forage. Cette dernière, en dehors de son intérêt immédiat dans la connaissance des formations traversées, permet de plus d'affiner l'interprétation gravimétrique de surface.

C'est dans le but d'obtenir une précision optimale sur la mesure de densité qu'a été menée une évaluation approfondie de deux sondes gamma-gamma mises en œuvre avec l'équipement de diagraphies Mount-Sopris, d'une part une sonde gamma-gamma simple détecteur (espacement de 25 cm) et d'autre part une sonde gamma-gamma double détecteur (espacement de 10 et 35 cm).

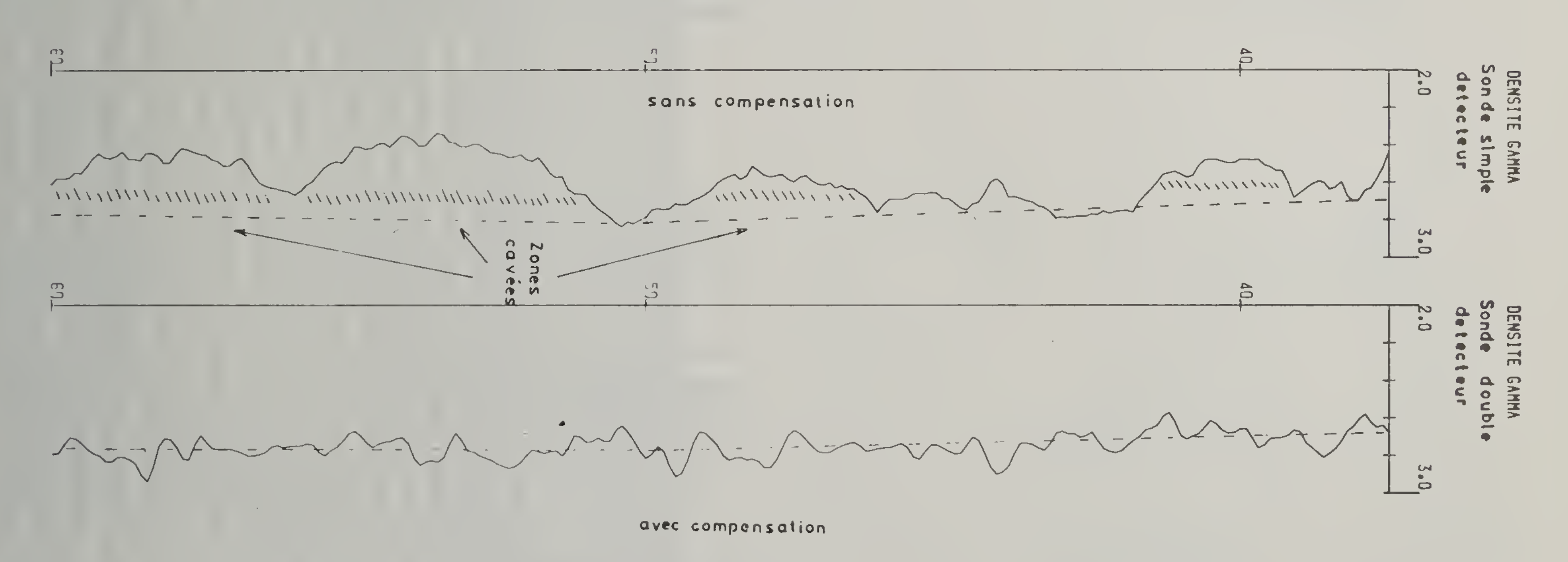
L'expérimentation menée sur la base de calibrations du L.R.P.C. de Rouen et sur divers forages a permis d'examiner les possibilités supplémentaires qu'offre le dispositif à double détecteur par rapport au dispositif à simple détecteur.

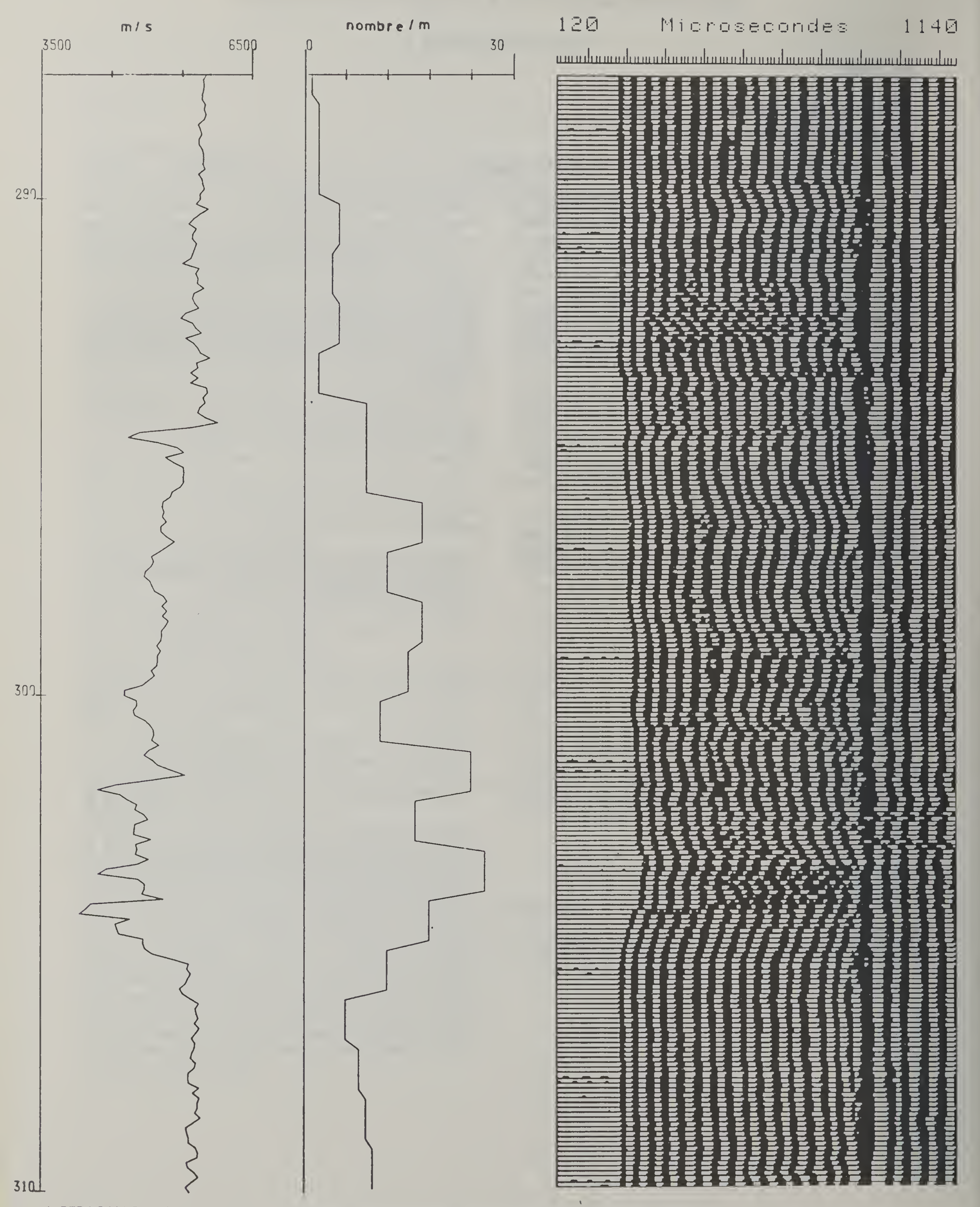
Les enregistrements représentés sur la figure 1 ont été effectués dans un sondage muni d'un tubage PVC et foré sur un microgranite intrusif. L'indétermination sur la position du tubage à l'intérieur du forage et l'existence de zones faiblement cavées conduit à d'importantes fluctuations apparentes de densité avec un outil à un seul détecteur. La méthode de compensation mise au point avec un outil à deux détecteurs conduit dans ce cas à une amélioration sensible. Son usage nécessite toutefois une analyse minutieuse des conditions de forage et des restrictions qu'il implique.

L'expérimentation a permis par ailleurs de montrer que l'outil à un seul détecteur garde toutefois un intérêt primordial dans la détection de roches denses.

Référence :

STRAUB A. (1983). — Diagraphies gamma-gamma et neutron : évaluation expérimentale et méthodes de traitement. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 456 GPH.





J. PERAGALLO *et al.*, vitesse acoustique in situ..., figure 1.

RS. 1669

Vitesse acoustique in situ : diagraphie sonique

Formation elastic wave velocity : acoustic logging

J. PERAGALLO
A. STRAUB

La détermination in situ de la vitesse acoustique d'une formation (il s'agit de la vitesse des ondes longitudinales P) est un indicateur important quant aux propriétés élastiques du milieu. De plus cette diagraphie joue un rôle toujours grandissant dans l'interprétation de la sismique réflexion de surface.

Une difficulté classique dans la détermination des vitesses d'ondes P est due au phénomène de sauts de cycle dont l'existence sur l'enregistrement de terrain peut parfois compromettre une exploitation correcte de l'information. Le recours aux trains d'onde digitalisés dans la sonde et transmis en surface apporte une solution. Un programme Deltat a été mis au point afin d'effectuer sur ces signaux un pointé automatique de la première arrivée. Une conception inédite du traitement élimine la possibilité de sauts de cycle car elle reste insensible à l'atténuation plus ou moins grande du signal et à l'existence de bruit. La détection automatique et le calcul du temps de transit utilisent le concept de « fenêtre mobile ». Ce programme Deltat, dont les essais se sont révélés très positifs, fournit une diagraphie sonique véritablement fiable.

Des expérimentations ont été menées, d'une part sur des sites miniers, d'autre part sur des sites cristallins étudiés pour leur fracturation. On constate que les niveaux minéralisés n'entraînent pas systématiquement une anomalie de vitesse. L'intérêt du sonique se trouve par contre confirmé dans la détection de la fracturation. La vitesse, proche de 5 800 m/s dans le granite sain, s'abaisse sensiblement jusque vers 4 000 m/s quand le granite est altéré et fracturé (voir fig. 1). La vitesse acoustique, comme la résistivité et la porosité neutron, peut donc servir d'indicateur de fracturation (fig. 1, ci-dessus).

Référence :

LE CORRE O. (1983). — Exploitation des mesures de la sonde sonique Mount Sopris. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 741 GPH.

RS. 1670

Développement d'une méthodologie géophysique à partir des forages pour l'étude des sites de stockage en formation granitique

Development of a borehole geophysical methodology for the study of waste disposal sites in granitic areas

D. LE MASNE

Contrat CCE WAS 399-83-7-F (RS)

Cette étude est réalisée dans le cadre d'un contrat à frais partagés entre la Commission des Communautés européennes et le B.R.G.M.

L'influence de la fracturation sur l'intégrité d'un éventuel site de stockage de déchets est fondamentale. Deux méthodes électriques ont été développées ou adaptées pour caractériser la fracturation (entre forages ou entre surface et forage) en assimilant celle-ci à des zones conductrices peu épaisses.

Des modélisations tridimensionnelles de deux méthodes électriques (Mimafo : mises à la masse entre forages et Bidifo : bipôle-dipôle en forage) ont été développées pour étudier l'influence de paramètres tels que la taille des hétérogénéités conductrices, leur profondeur, orientation, pendage et contraste de résistivité avec l'encaissant (tabulaire ou homogène).

La forme en cloche des courbes de potentiel « Bidifo » permet ainsi de détecter sans ambiguïtés à partir d'un forage, l'azimut de l'hétérogénéité conductrice décentrée du forage (fig. 1) et sa profondeur moyenne.

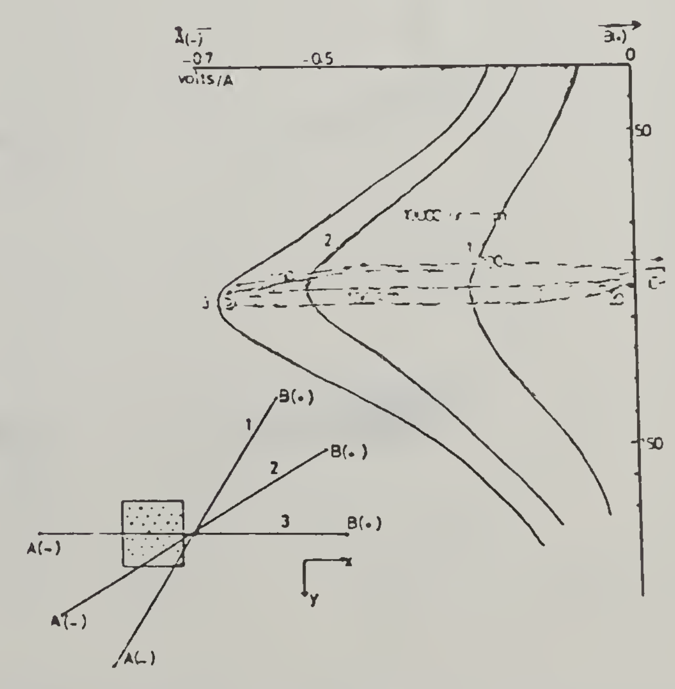


Fig. 1. — Résultats d'une modélisation Bidifo pour une plaque (100 × 100 × 5 m) conductrice (100 ohm.m) enfouie dans un encaissant résistant (10 000 ohm.m) ; la plaque a une face située à 20 m du forage de mesure.

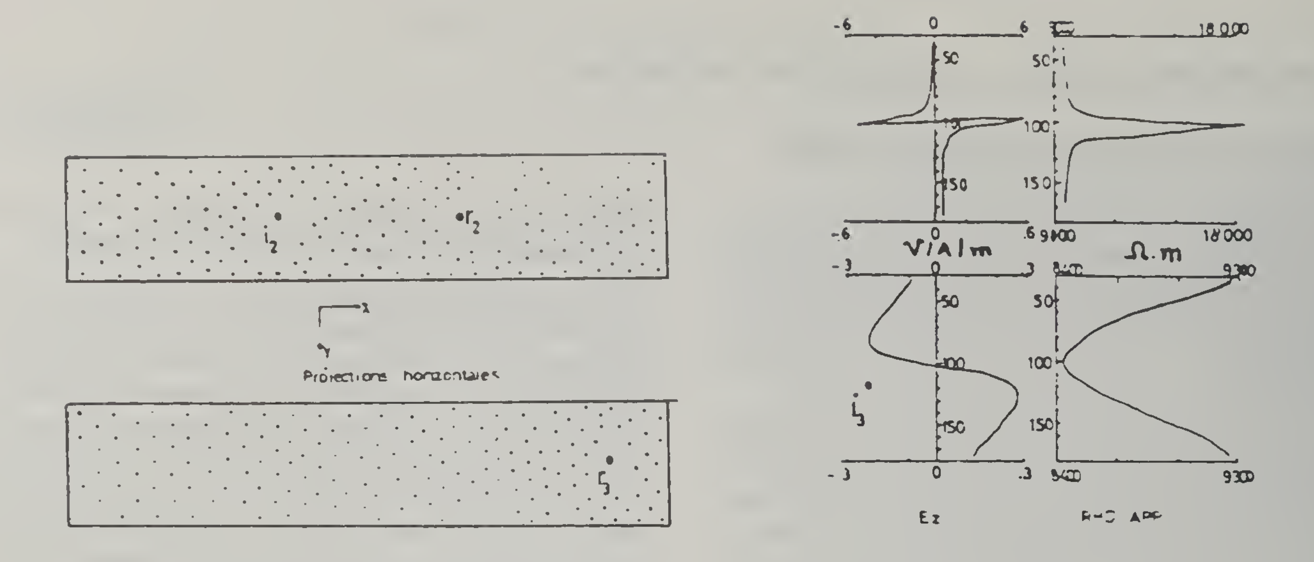


Fig. 2. — Mises à la masse entre forages : modélisation du champ électrique vertical et de la résistivité apparente pour une plaque conductrice (100 × 20 × 5 : ρ_a = 100 ohm.m ; ρ_{enc} = 10 000 ohm.m) (plaque et injection à 100 m de profondeur).

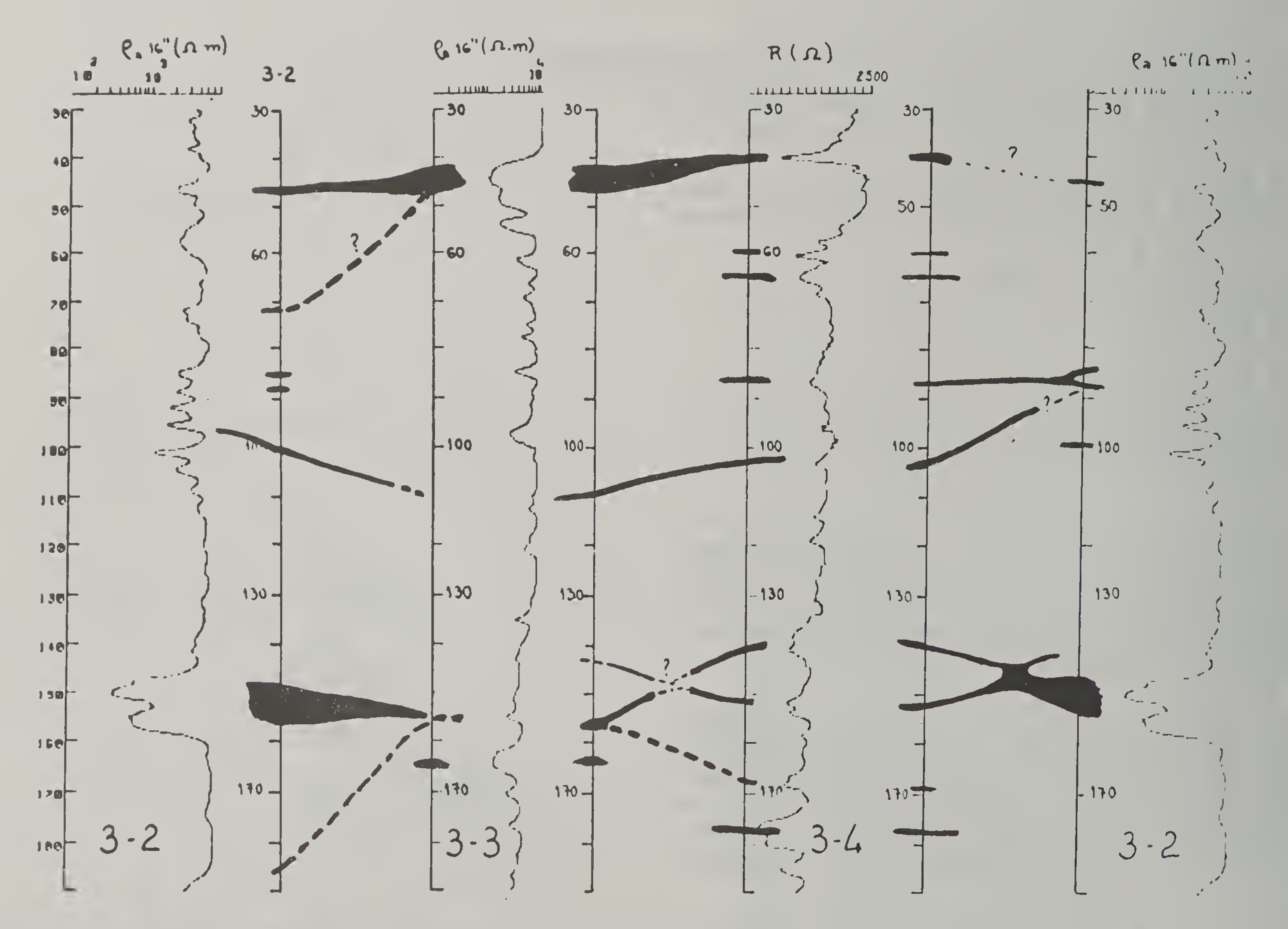


Fig. 3. — Résultats de l'interprétation conjointe des mesures électriques (Mimafo en particulier) sur le site du Mayet de Montagne (forages 3-2, 3-3 et 3-4).

En modélisation 3D de Mimafo, les variations brusques du champ vertical et les valeurs extrêmes de la résistivité apparente déduite des mesures de potentiel permettent de déceler des hétérogénéités conductrices d'extension limitée recoupées ou non par les forages, ou des couches « infinies » traversées par les forages (fig. 2).

La comparaison des résultats des modélisations avec ceux d'un programme de terrain de quatre semaines sur le site de Mayet de Montagne (Allier) où trois forages de 200 m de profondeur et distants de 30 m ont été réalisés par l'I.N.A.G. dans un granite fracturé, a permis de connaître l'extension latérale, à partir des forages, de zones fracturées, et leur orientation. Les liaisons électriques le long de fractures recoupant deux forages proches sont, elles aussi, détectées (fig. 3).

Le but est la connaissance géophysique (fracturation) de l'environnement latéral des forages. Ceci complète, pour une extension pluridécamétrique, les renseignements fournis par les diagraphies.

Référence :

LE MASNE (1983). — Développement d'une méthodologie géophysique à partir de forages pour l'étude des sites de stockage en formation granitique. Sciences et techniques nucléaires (C.C.E.). Rapport EUR 8747 E.

Recherches sur les techniques géophysiques

RS. 1671

Mesures absolues de pesanteur en France

Absolute gravity measurements in France

M. OGIER
A. SAKUMA *

Convention BNM-B.R.G.M. n° 83-2-46-0035.

Pour la première fois en France s'est déroulée en 1983 une campagne de mesures absolues de la pesanteur. Cette étude réalisée en association avec le Bureau international des poids et mesures a pu être menée à bien grâce à l'appui financier du Bureau national de métrologie.

Les travaux réalisés à l'aide du gravimètre absolu GA 60 (construit par les établissements Jaeger électronique) appartenant au B.I.P.M. ont permis d'implanter cinq stations de références dont la valeur de la pesanteur est connue désormais avec une précision respective de 3 à 7.10^{-9} m/s/s. Les valeurs obtenues, ramenées au niveau du sol, sont les suivantes :

Orléans (B.R.G.M.) :	980 818,821 10^{-5} m/s/s.
Toulouse (ancien observatoire) :	980 427,678 10^{-5} m/s/s.
Marseille (B.R.G.M.) :	980 456,091 10^{-5} m/s/s.
Dijon (B.R.G.M.) :	980 745,648 10^{-5} m/s/s.
Nancy (B.R.G.M.) :	980 845,736 10^{-5} m/s/s.

Ces stations seront utilisées pour le calage des nouveaux réseaux gravimétriques relatifs de premier, second et troisième ordre, dont l'achèvement est prévu pour 1984.
1984.

* Bureau international des poids et mesures, Pavillon de Breteuil, 92 Sèvres.

RS. 1672

Utilisation du problème inverse en recherche minière

Use of inverse problem in mining exploration

Ph. BERNARD
A. GUILLEN

En géophysique minière, l'utilisation de certaines méthodes d'inversion permet (à partir d'hypothèses raisonnables sur les inconnues du problème et les connaissances a priori et grâce à l'exploration relativement aisée des modèles compatibles) de définir non plus une structure anomale expliquant les données mais le domaine de

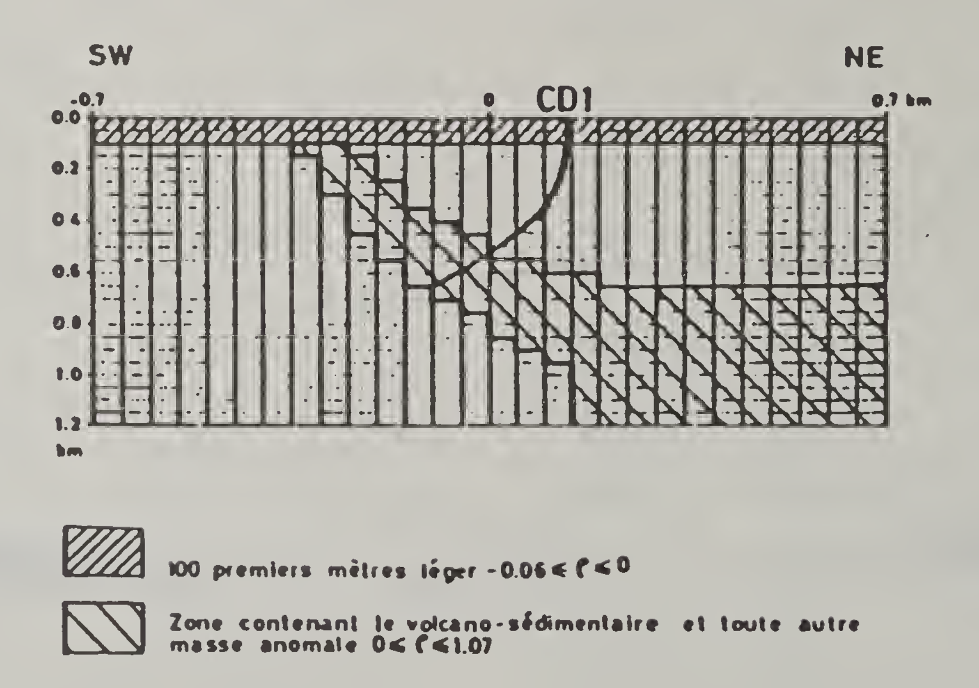


Fig. 1. — Contraintes sur les inconnues.

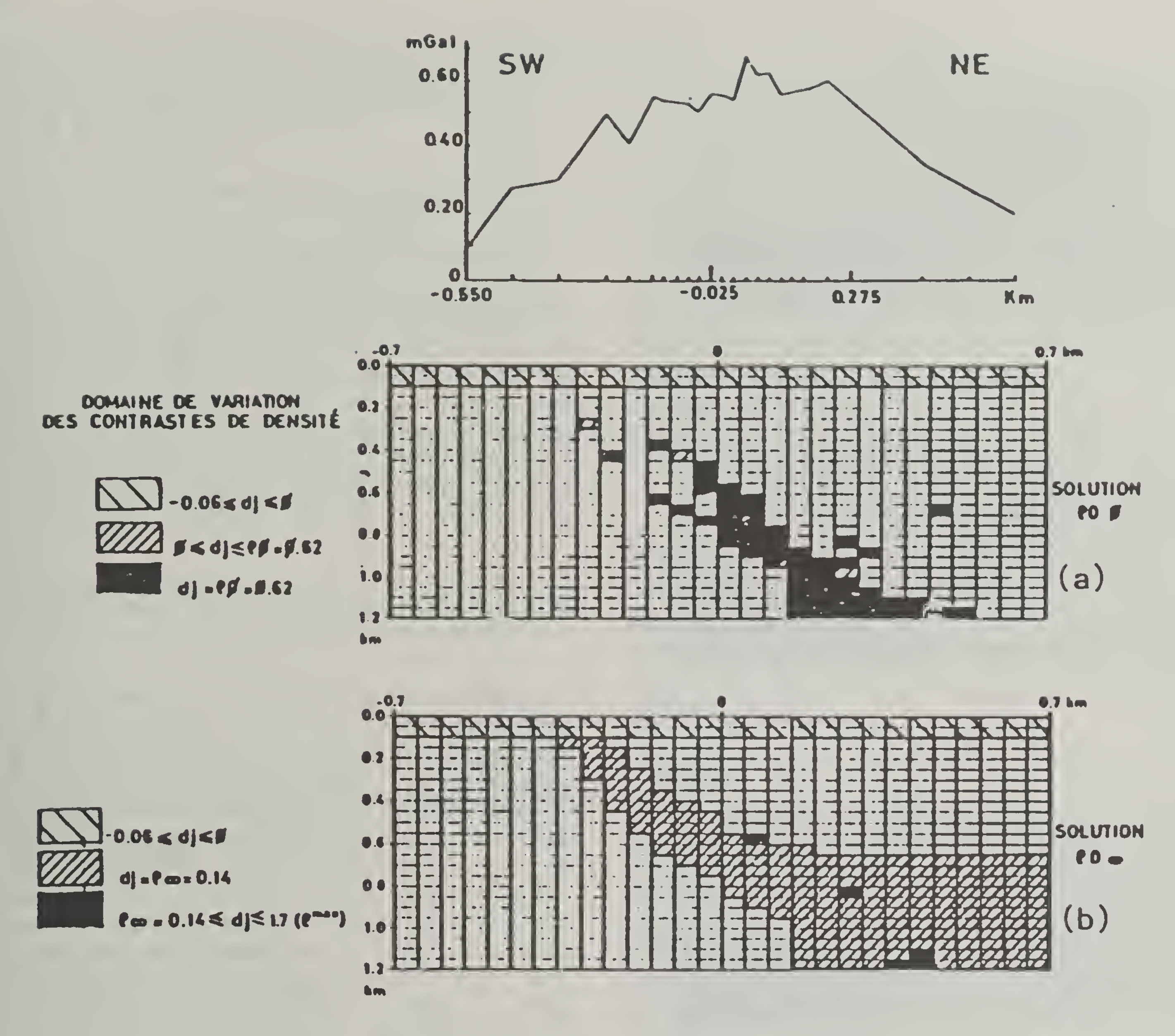


Fig. 2. — Profil C.

variation des différents paramètres des modèles. Nous illustrons notre propos par un exemple de prospection gravimétrique.

Un premier sondage (CD 1) ne permet pas d'expliquer l'anomalie gravimétrique positive observée. A partir de ce sondage et des contraintes imposées par la géologie, nous allons voir comment on peut cerner la cause de l'anomalie. La prise en compte d'un régional, les connaissances apportées par le sondage (*cf.* fig. 1 : structure n° 1 homogène Culm, structure n° 2 volcano-sédimentaire ne présentant pas à priori de contraste de densité avec la structure n° 1), enfin les connaissances géologiques disponibles (s'il existe un amas sulfuré il se trouve dans la structure n° 2) fournissent les contraintes du problème.

A partir de ces contraintes et des données gravimétriques (réparties le long de profils perpendiculaires à l'axe de l'anomalie), on répond à un ensemble de questions simples :

a) La structure n° 2 peut-elle expliquer seule l'anomalie ?

La réponse est oui aux conditions suivantes (*cf.* fig. 2) :

— il faut que quelque part dans la structure n° 2 le contraste de densité soit d'au moins de 0,62 g/cm^3 par rapport à la structure n° 1 ;

— la structure n° 2 ne peut pas être homogène et comporte des variations de contraste minimum de 0,5 g/cm^3.

b) Compte tenu de ceci on peut envisager l'existence d'un amas sulfuré dans la structure n° 2. Pour mieux définir les caractéristiques de ce gisement possible, quelles sont ses limites extrêmes ? (*cf.* fig. 3 pour la réponse des différents profils).

c) Comment évolue le minimum de la masse anomale avec la profondeur ? (*cf.* courbe de la fig. 3).

Les réponses assez explicites apportées ici par les méthodes inverses permettent de définir l'implantation d'un nouveau sondage : elles prolongent de façon utile la conclusion que le premier sondage ne peut rendre compte de l'anomalie par les valeurs de densité rencontrées.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'existence effective d'un amas est liée à la véracité des hypothèses a priori formulées en début d'interprétation. Pour d'autres hypothèses, les conclusions peuvent être différentes.

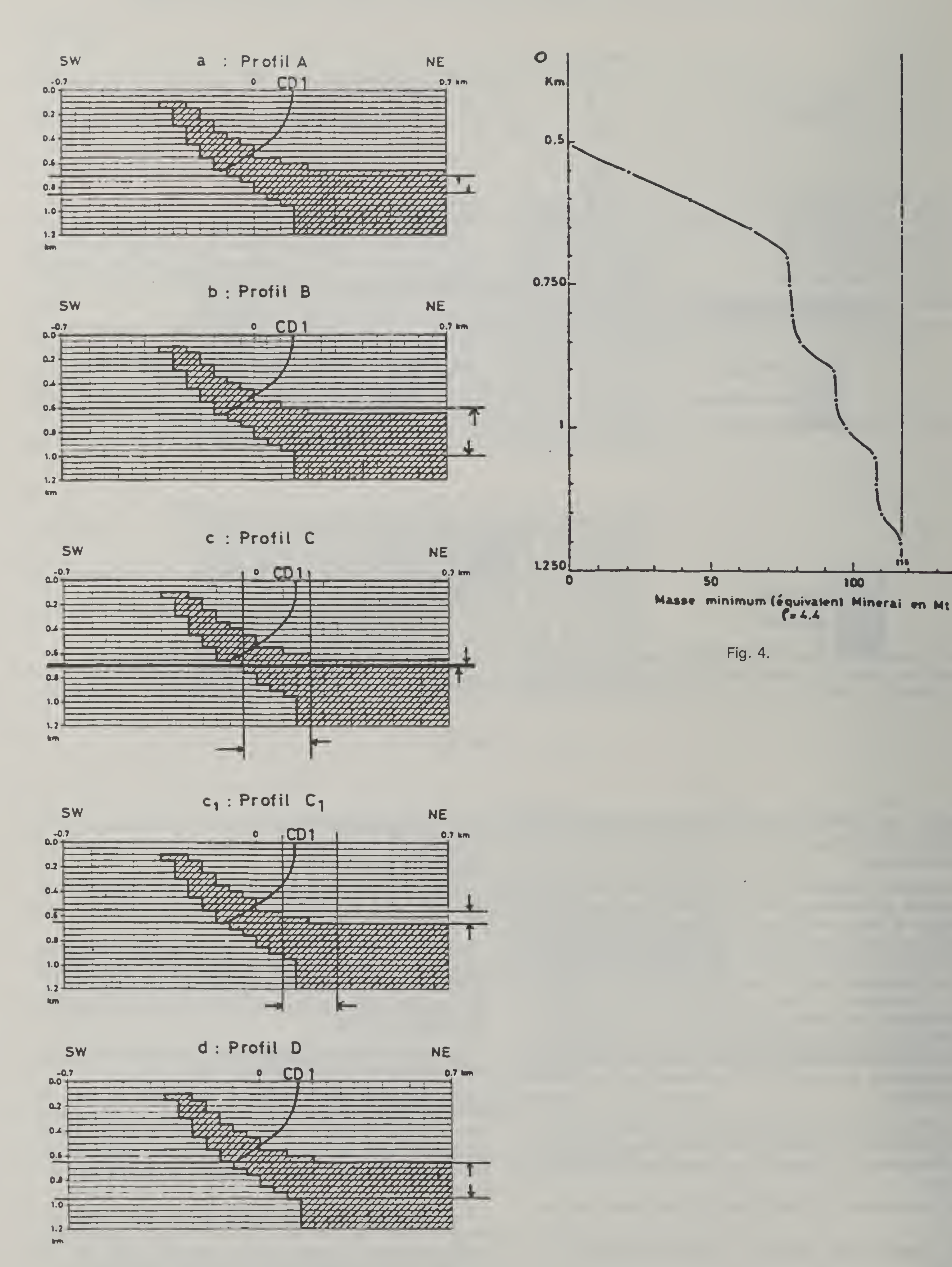


Fig. 3. — Plan de confinement.

Fig. 4.

RS. 1673

Développement d'équipements géophysiques à stockage numérique de données (Syscal R 2, Akidia)

Development of digital data storage geophysical equipments

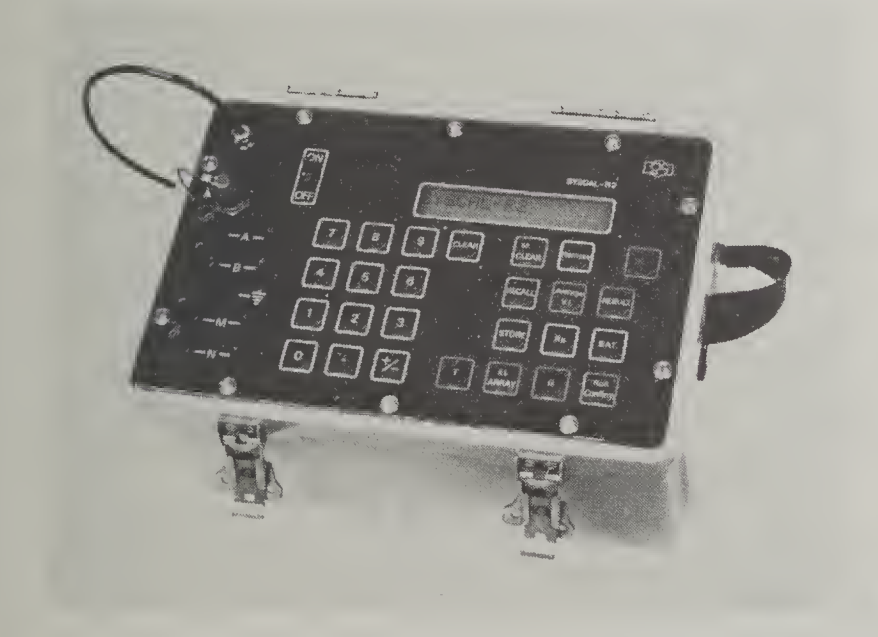
J. BERNARD
J.-D. CARRETERO
D. AME
D. LEGENDRE
G. PIERRAT

L'utilisation des microprocesseurs dans les appareils géophysiques a permis, au cours d'une première génération d'équipements développée à la division électronique du B.R.G.M. depuis 1979 (Syscal R, E.M., V.L.F.), de faciliter le travail de l'opérateur sur le terrain en rendant d'une part la mesure automatique (sans l'intervention manuelle sur des calibres) et d'autre part en calculant et affichant directement sur l'appareil les données géophysiques caractéristiques (résistivité apparente pour Syscal R et E.M., inclinaison, ellipticité, dérivée de Fraser pour Syscal V.L.F.).

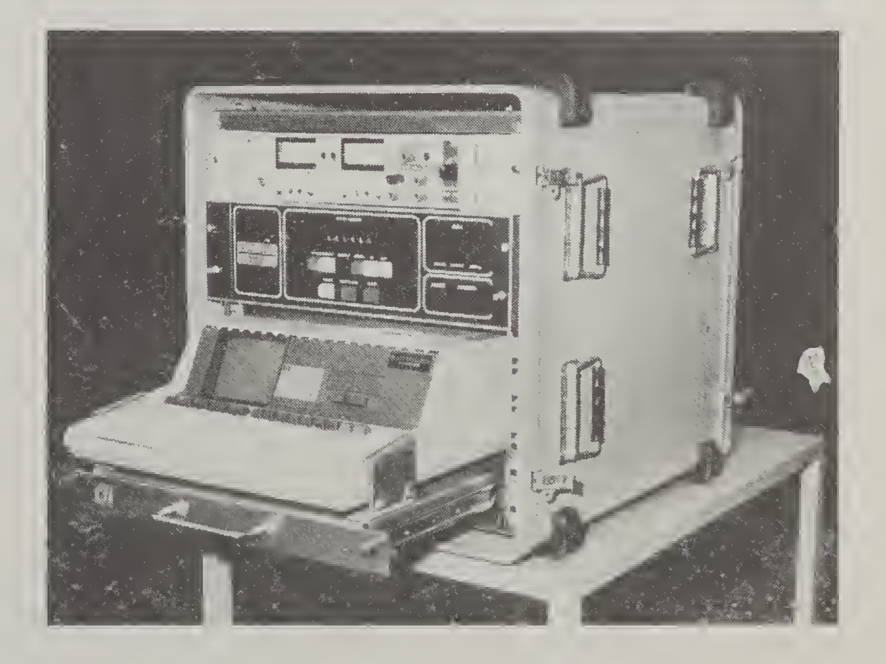
Plus récemment, les progrès technologiques en électronique ont permis d'envisager le stockage numérique des données géophysiques dans l'appareil de terrain lui-même.

Ainsi le *résistivimètre Syscal R 2* a été conçu de façon à pouvoir stocker en mémoire interne jusqu'à 200 points de mesure correspondant approximativement à une journée de travail. Par une interface RS-232 C, il est possible le soir de transférer ces données sur un calculateur muni de cette liaison (calculateur HP 85 ou micro-ordinateur HP 9816 par exemple) et de les stocker ensuite sur un support magnétique (cassette ou disquette). Cette opération permettra un gain de temps important lors de l'interprétation des données chaque fois qu'une modélisation numérique viendra à l'appui de cette interprétation : ainsi lors de l'interprétation d'un sondage électrique, l'entrée des données expérimentales dans le programme Grivel pourra être faite à l'aide d'un fichier issu du transfert des points stockés sur le Syscal R 2. Outre cette possibilité de stockage et une introduction complètement interactive des données (nature du dispositif, caractéristiques géométriques, paramètres temporels), l'appareil réunit l'émetteur et le récepteur dans un même boîtier avec une puissance d'émission de 700 VA (700 V, 1 A). De plus, il mesure la chargeabilité apparente (paramètre de polarisation provoquée) avec une fenêtre réglable. La qualité du paramètre chargeabilité mesuré a été testée sur l'anomalie du gisement de Porte-aux-Moines en comparant les mesures à celles obtenues par d'autres appareils de P.P. transitoire (Huntec M 4, Scintrex IPR 11). Des coefficients de corrélation de 90 et 96 % ont été observés pour des signaux allant jusqu'à 1 mV, prouvant ainsi la précision des mesures du Syscal R 2.

Parallèlement, *un équipement de diagraphies Akidia* a été défini et construit, toujours dans le but d'un stockage digital des données. Le support choisi a été un calculateur HP 85 pour la version de base et un micro-ordinateur HP 9816 en option. Des programmes de transfert de données sur HP 9845 ont été développés pour permettre l'utilisation de tous les logiciels de restitution graphique, de traitement et de correction (effets de trou, de tubage...) mis au point au cours du programme diagraphies. La mise en œuvre de l'équipement Akidia est simplifiée par l'utilisation des possibilités interactives du HP 85 qui pilote aussi bien l'alimentation des sondes que l'acquisition des mesures. Le système a été conçu de façon modulaire transportable et s'adapte sur tout treuil possédant un câble 4 conducteurs. Les diagraphies électriques (P.S., P.P., résistivité micronormale, petite normale, grande normale) peuvent être réalisées, ainsi que des diagraphies nucléaires (gamma-ray, densité gamma-gamma, porosité neutron-neutron) et des diagraphies électromagnétiques (Romulus, Eric). D'abord conçu pour la recherche minière, il peut également être utilisé en recherche charbonnière et en hydrogéologie. Des premiers tests effectués à Salsigne et à Beauvain ont permis de comparer les résultats d'Akidia avec ceux obtenus à l'aide de l'appareil de diagraphies Mount Sopris. Le bon accord observé permettra de substituer progressivement l'équipement Akidia aux appareils de diagraphies utilisés jusqu'à présent par le département Géophysique.



Résistivimètre Syscal 12.



Appareil de diagraphies Akidia.

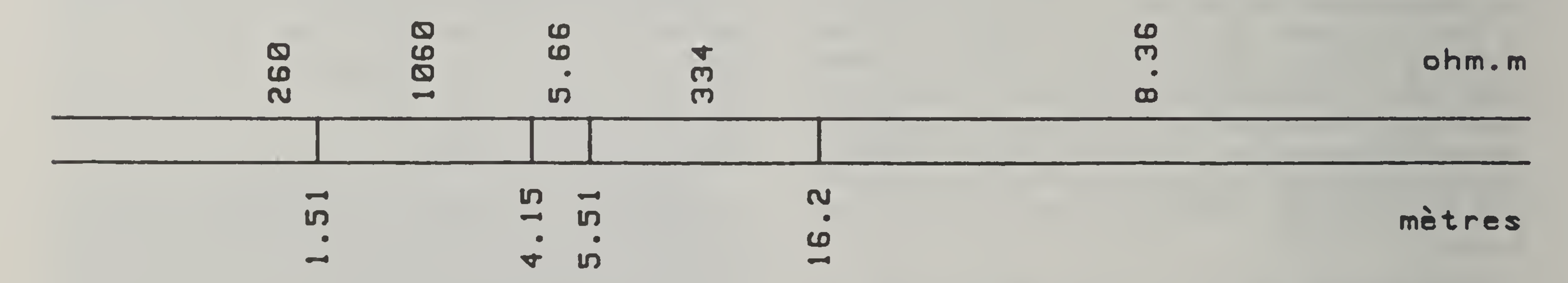
RS. 1674

« *Grivel* » : *un logiciel sur micro-ordinateur pour l'interprétation des sondages électriques*

« Grivel » : a microcomputer program for electrical soundings interpretation

P. VALLA

La disponibilité de micro-ordinateurs transportables avec option graphique donne l'opportunité de réaliser l'interprétation des mesures de géophysique appliquée sur le site ou à proximité, permettant un suivi complet au jour le jour des travaux. C'est dans cette optique qu'a été développé, par le département Géophysique du



DEMO

rho (ohm.m)

10²

10

1

10

10²

AB/2 (m)

Grivel : interprétation des sondages électriques.

B.R.G.M., le logiciel « Grivel » pour l'interprétation interactive des sondages électriques en modèle horizontal stratifié avec ajustement automatique des paramètres.

Le calcul direct de sondage théorique est effectué par la technique du filtrage à décalage, quatre filtres étant disponibles pour le dispositif Schlumberger. Les différents paramètres du modèle géoélectrique peuvent être modifiés par l'interprétateur : nombre de couches, résistivités, profondeurs, épaisseurs, paramètres de Dar-Zarrouk. Des développements nouveaux sur ces paramètres de Dar-Zarrouk (croix et pôles) ont été menés par P. Griveau (1969) avec l'introduction de la loi de Dar-Zarrouk-2 associée au comportement asymptotique de la résistivité apparente, alors que les éléments introduits par R. Maillet (1947) dans la loi de Dar-Zarrouk-1 ne s'associent de même façon qu'au noyau intermédiaire connu sous le nom de fonction de stratification.

Pour l'ajustement automatique, deux possibilités sont offertes : d'une part un algorithme de Marquardt qui permet un ajustement des résistivités et épaisseurs des couches, d'autre part un algorithme spécifique fondé sur les paramètres de Dar-Zarrouk. Dans les deux cas, l'opérateur donne la liste des paramètres à ajuster, les autres restant inchangés. La méthode d'ajustement par paramètres de Dar-Zarrouk est en pratique plus rapide que l'algorithme de Marquardt ; en effet, moins d'itérations sont nécessaires car les paramètres de Dar-Zarrouk-2, tenant compte implicitement des lois d'équivalence, conduisent à une quasi-diagonalisation du problème inverse monodimensionnel avec de surcroît une propriété de positivité.

Le logiciel « Grivel » a été introduit en langage Basic sur les micro-ordinateurs Hewlett-Packard de la série 200. La figure ci-jointe donne un exemple d'impression des résultats sur table traçante.

RS. 1675

Apport de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude de la structure des données de prospection géochimique

Contribution of correspondence analysis for geochemical prospecting data interpretation

A. BARATON

Dans le cadre d'un travail destiné à optimiser l'application des techniques de régression aux données de prospection géochimique, différents outils descriptifs ont été utilisés, dont l'analyse factorielle des correspondances.

L'étude a porté sur les données de la couverture stratégique de la feuille Ancenis (Loire-Atlantique), avec deux opérations précédant l'analyse elle-même :

— correction des données par le rang moyen (Maiti D., 1979) destinée à réduire les effets de la structure majeure responsable des fluctuations simultanées des teneurs pour Fe, Cu, Zn, Ni, V, Cr, Co, Mn, B, Ba, Be (Roquin C., 1984) ;

— découpage des éléments en modalités, pour mieux prendre en compte des spécificités distributionnelles (nombreux relevés au seuil analytique ou dissymétrie accusée) et rendre possible une approche non-linéaire des corrélations.

La visualisation d'une partie des résultats de l'analyse des correspondances effectuées, par représentation du plan factoriel 1-2 issu du tableau de Burt (fig. 1), démontre bien l'aptitude de la technique à déceler des structures fines de l'information géochimique.

Par exemple, les deux associations suivantes individualisent très nettement l'identité géochimique de deux des principaux lithofaciès de la feuille Ancenis :

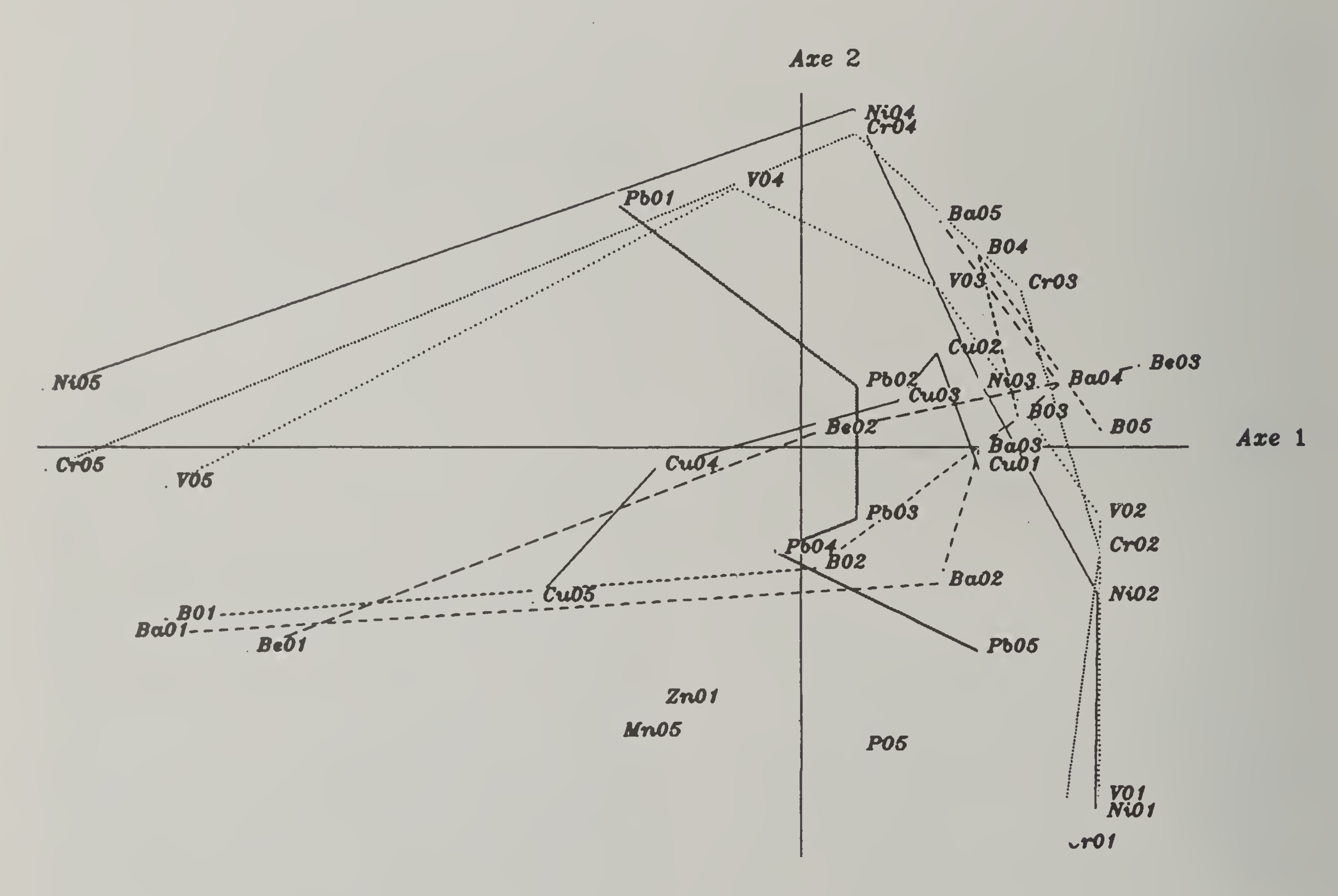


Fig. 1. — Plans factoriels.

— NiO5, CrO5, VO5, BO1, BaO1, BeO1 caractéristique d'une unité de micaschistes à caractère basique ;

— NiO4, CrO4, VO4, BaO5, BO4 correspond à une série grésopélitique.

La cohérence de ces premiers résultats est de bon augure quant à la qualité descriptive de l'analyse factorielle des correspondances vis-à-vis des données géochimiques, ou de toute autre type de données de prospection.

Références :

BENZECRI J.-P. (1973). — L'analyse des données, tome 2, Dunod, 3e éd., 1979.

MAITI D. (1979). — Effet Guttman sur le tableau de Burt associé à des variables fortement liées. *Cahiers de l'analyse des données,* vol. IV, n° 3.

ROQUIN C. (1984). — Traitement des données en prospection géochimique : facteurs de variation du signal et sélection de la composante anomale. Thèse d'état, Université d'Orléans.

RS. 1676

Diagnostic précoce des anomalies géochimiques en prospection régionale

Early diagnosis of regional geochemical anomalies

D. ARTIGNAN

La sélection d'anomalies constitue, en prospection dite « stratégique » une étape déterminante. En effet, compte tenu de budgets forcément limités, une focalisation la plus précoce possible sur des objectifs économiquement valables apparaît indispensable.

La qualité de la sélection effectuée dépend de la finesse avec laquelle est lue l'information contenue dans chaque échantillon. Lors de l'étape stratégique systématique, les techniques de préparation et d'analyse des échantillons sont choisies en tenant compte de leur coût et de leur aptitude à couvrir un large éventail de type de minéralisation. Priorité est donc donnée à l'économie et à l'exhaustivité ; généralement le compromis adopté est d'analyser par voie spectrale multiélémentaire une fraction plutôt fine des échantillons récoltés.

Avec le recul de plusieurs années d'inventaire géochimique en France, on s'aperçoit que, si dans la plupart des cas des minéralisations sont bien localisées au voisinage des anomalies retenues — ce qui apporte une première validation de la sélection — leur diagnostic typologique est souvent imprévisible, ce qui constitue un handicap au plan décisionnel. Le but de l'action méthodologique entreprise est de définir les modalités d'un décodage beaucoup plus sélectif des signatures géochimiques enregistrées lors de la phase stratégique.

Trois voies principales sont explorées :

1) Dosage plus sensible et plus précis d'éléments traceurs hautement sélectifs, tels Ag, Sb, Bi, W, Sn, dont les concentrations proches des seuils de détection peuvent échapper à la détermination de routine. Selon les éléments, les sensibilités analytiques requises varient entre 10 et 100 ppb.

2) Exaltation de la composante détritique du signal géochimique, par séparation, sur l'échantillon tout venant, d'une fraction lourde > 2.9, de granulométrie comprise entre 40 et 500 μ, et dosage ICP complété par un examen minéralogique de cette fraction.

3) Lecture spécifique de la composante chimique du signal anomal.

Actuellement, seuls sont disponibles des résultats préliminaires concernant la deuxième de ces approches. Ainsi, sur le prospect de La Rousselière (Loire-Atlantique), la

	PHASE STRATEGIQUE fractions < 125µ valeurs maxi. ppm	TEST d > 2.9 dans la fraction 40-500 µ valeurs maxi. ppm	TEST d > 2.9 dans la fraction 40-500 µ Minéralogie optique
Pb	150	2 497	hydroxydes Fe (Pb, Zn, Cu, Ag)
Zn	162	928	
Cu	97	409	
Ag	-	1.1	
Mo	-	178	
As	1 600	5 423	
W	-	764	pts scheelite
Sn	-	1 982	pts cassitérite
B	110	1 110	pts tourmaline
Be	7	39	

Tableau 1. — Test géochimique à La Rousselière : teneurs inférieures au seuil de dosabilité.

paragenèse très complexe, avec Cu, Pb, Zn, As, Mo, Bi, W, Sn, Ag... mise en évidence lors des travaux de détail était réduite à une simple association Pb-As au niveau de l'anomalie stratégique. On peut voir, au tableau 1, que des échantillons prélevés aux mêmes sites, « traités » (voir ci-après) et analysés, apportent une information beaucoup plus complète et reflètent bien les minéralisations existantes comme le caractère granitique de l'encaissant (Be). On remarque aussi l'apport déterminant de l'analyse ICP, qui permet de caractériser finement par leurs contenus en éléments traces les hydroxydes de Fe observés dans le concentré.

Des tests complémentaires intéressant d'autres types de minéralisation sont en cours d'exécution.

Référence :

MARTIN H., WILHELM E., LAVILLE-TIMSIT L., LECOMTE P., SONDAG F., WARNANT P. (1984). — Enhancement of stream-sediment geochemical anomalies in Belgium and France by selective extractions and mineral separations. *Journal of Geochemical Exploration,* 20, pp. 179-203.

RS. 1677

Traitement des données en exploration minière : apport des nouveaux outils graphiques

Data processing in mineral exploration : contribution of recent automatic mapping techniques

D. BONNEFOY
P. BOULANGER
H. ZEEGERS

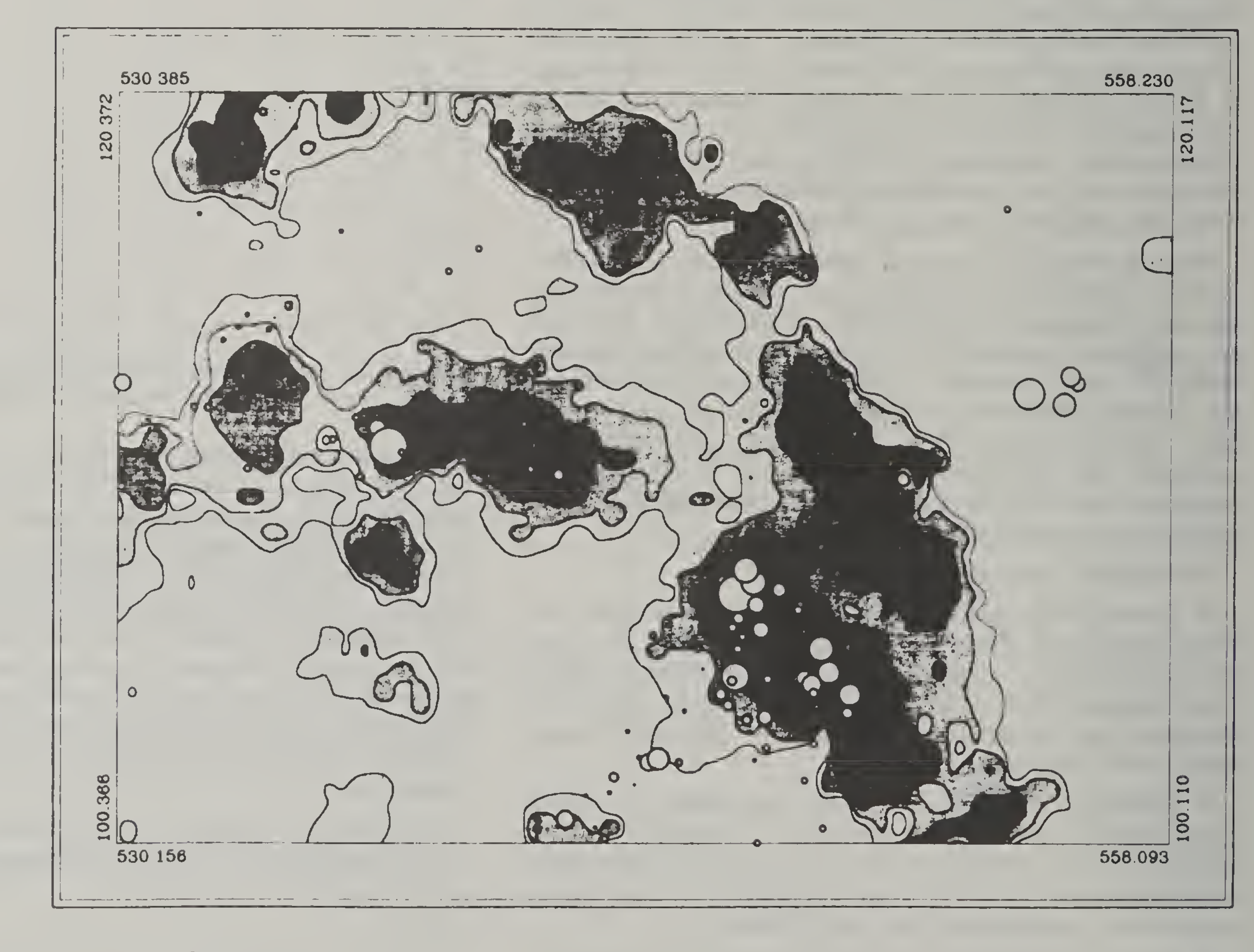
La visualisation appropriée des résultats a toujours constituée une des clés essentielles pour une bonne valorisation des données géophysiques, géochimiques ou alluvionnaires.

En prospection géochimique régionale, la multiplicité des variables mesurées nécessite souvent que l'information soit condensée, par exemple pour analyse factorielle. Cependant, dans certains cas, il importe de préserver l'intégrité de chaque variable ce qui nécessite, si on veut rester dans une optique multiélémentaire, le recours à des superpositions graphiques. Celles-ci ont fait l'objet d'un effort méthodologique important et, grâce à l'insertion dans les logiciels de traitement de données géochimiques d'un progiciel (UNIRAS) récemment acquis pour le département des techniques informatiques, on dispose d'un outil bien adapté à la superposition d'images. Il est maintenant possible de combiner toutes sortes d'informations incluant non seulement des variables géochimiques différentes, mais aussi des données alluvionnaires, par exemple, avec en outre la possibilité de mélanger des images régionales ou locales.

Deux illustrations sont présentées, concernant les résultats de la prospection géochimique et alluvionnaire d'une feuille à 1/50 000 du Massif central.

La figure 1 montre la superposition des anomalies géochimiques ponctuelles en W sur le fond régional en arsenic (teneurs lissées) qui intégrerait à la fois des composantes géologiques, structurales ou métallogéniques, tandis qu'on peut voir figure 2, par rapport à ce même fond arsenic, les teneurs anomales en scheelite dans les fonds de batée.

L'intérêt de telles images dépasse largement le cadre strict de la prospection en ouvrant la voie, par exemple, à une vision métallogénique ou gitologique nouvelle des zones couvertes par des prospections systématiques de diverses natures.



ASES

SUP. A		255.
230.	–	255.
205.	–	230.
180.	–	205
155.	–	180.
130.	–	155.
95.	–	130.
70.	–	95.
55.	–	70.
INF. A		55.

• 15. **W** **A** ○ 70.

Fig. 1. — As et W (en ppm).

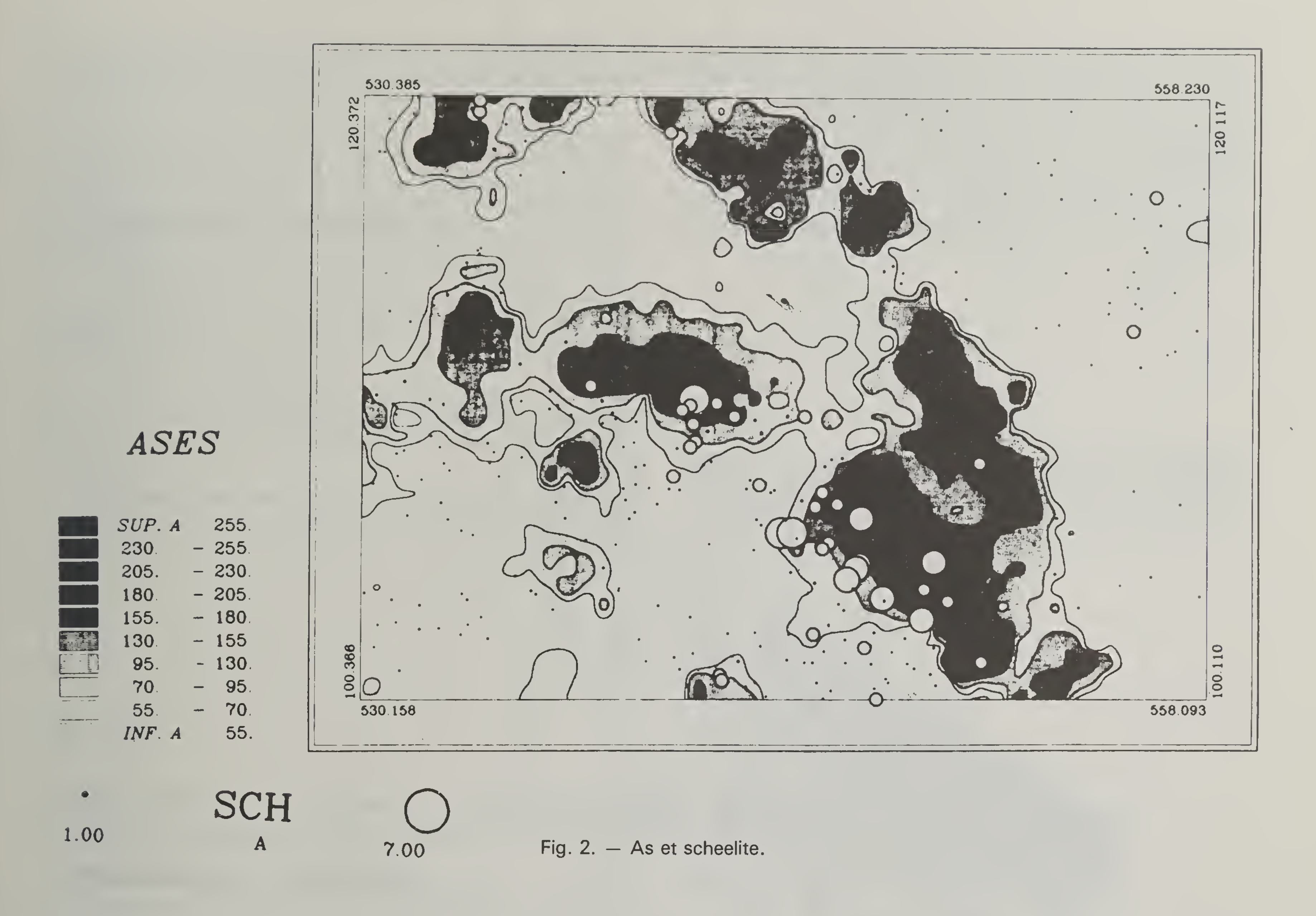


Fig. 2. — As et scheelite.

RS. 1678

Analyse statistique des composantes de variation du signal en prospection géochimique régionale

Statistical analysis of signal components in regional geochemical prospecting

Cl. ROQUIN

En prospection régionale, une analyse des composantes du signal géochimique est souvent utile pour distinguer des anomalies significatives peu contrastées parmi les fluctuations de fond d'un élément.

Ainsi, en exploitant l'information considérable recueillie dans le cadre de l'Inventaire, nous avons cherché à décrire l'influence des principaux facteurs de variation du signal géochimique suivant deux approches complémentaires :

— directement par une comparaison des teneurs entre les différentes catégories de prélèvements définies à partir des observations de terrain codées (lithologie, cultures, milieu de prélèvement) ;

— indirectement par une analyse statistique de la structure des compositions dans l'espace multiélémentaire (analyses plasma pour le fer et 21 éléments traces).

Cette étude a d'abord été réalisée sur une trentaine de secteurs répartis sur différentes unités lithologiques dans le Massif central, le Massif armoricain et les Vosges, puis sur l'ensemble de la feuille à 1/50 000 de Nort-sur-Erdre (Bretagne).

En résumé, l'influence des facteurs de différenciation géochimique se « traduit » essentiellement par deux contrôles majeurs de nature minéralogique. Ce sont, d'une part, l'effet de dilution des éléments traces par une phase stérile essentiellement siliceuse et d'autre part les phénomènes de coprécipitation des éléments Zn, Ni, Co, Cu, P avec les oxydes de fer et de manganèse.

Les comparaisons des teneurs suivant les différentes modalités des paramètres de terrain montrent que l'effet de dilution dépend à la fois :

— de la lithologie en fonction du caractère plus ou moins acide ou basique de la roche mère ; à ces variations de faciès se superpose en Bretagne l'influence des apports de matériaux détritiques siliceux tels que les limons éoliens et les sables tertiaires ;



– – – seuil d'anomalie (m+ 2σ) après correction

——— seuil d'anomalie (m+ 2σ) avant correction

— du mode de prélèvement avec un appauvrissement systématique des teneurs dans les sédiments de ruisseau par rapport aux sols comme en Normandie.

L'effet de coprécipitation quant à lui apparaît largement prédominant dans les sédiments de ruisseau en Bretagne.

Cependant, ces deux paramètres à dominante minéralogique sont en général mieux contrôlés à partir du spectre géochimique des échantillons fournis par l'analyse multiéléments que par les paramètres de terrain.

— l'effet de dilution se traduit par l'existence de corrélations positives entre tous les éléments ; ceux-ci se regroupent alors autour du premier facteur de l'analyse en composantes principales ;

— l'effet de coprécipitation important pour le zinc et dans une moindre mesure pour le cuivre se caractérise par une association privilégiée de ces éléments avec Fe, Mn, Co, Ni.

Ces deux composantes majeures des fluctuations de fond peuvent donc être prises en compte par une approche statistique multivariable telle que l'analyse factorielle et corrigée par régression. Ainsi sur la feuille de Nort-sur-Erdre, les variations du zinc et du cuivre sont expliquées à 75 % et 43 % par le premier facteur de l'ACP. On voit bien sur le diagramme de corrélation entre la composante résiduelle et les teneurs brutes du zinc l'influence de la correction au niveau de la sélection des anomalies en prenant la coupure classique : $M+2\sigma$.

Référence :

ROQUIN C. (1984). — Traitement des données en prospection géochimique : facteurs de variation du signal et sélection de la composante anomale. Thèse doct. ès sciences, Université d'Orléans.

RS. 1679

Application de la régression par voisinage pour la sélection des anomalies en prospection géochimique régionale

Application of local regression technique for selection of anomalies in geochemical exploration

A. BARATON
Cl. ROQUIN

La régression permet de traduire par un modèle statistique la relation existant entre une variable particulière (dite variable à expliquer) et d'autres variables « explicatives » qui caractérisent un individu. Cette technique est utile en prospection pour ajuster la teneur de fond des éléments tels que Cu, Pb, Zn en tenant compte des paramètres représentatifs de l'environnement lithologique ou supergène des échantillons.

Dans le cas de la régression par voisinage (ou par boule) cet ajustement consiste à calculer pour chaque échantillon et pour un élément donné la moyenne des teneurs observées pour les échantillons les plus proches dans l'espace des variables explicatives. Cette méthode, très simple dans son principe, est bien adaptée au traitement des données de prospection géochimiques, souvent hétérogènes et difficiles à représenter par le modèle linéaire classique.

Ceci est confirmé par les premières applications portant sur des résultats de l'inventaire géochimique de la France. Deux types de décomposition du signal géochimique ont été réalisés :

— **Le filtrage spatial** par régression sur les coordonnées qui permet de distinguer :

— une composante régionale des variations de teneurs correspondant à l'évolution du fond géochimique à grande échelle ;

— une composante résiduelle traduisant le contraste entre la teneur observée ponctuellement et l'estimation du fond local.

Un exemple d'un tel filtrage est présenté, concernant les teneurs en zinc sur la feuille de Nort-sur-Erdre (Bretagne).

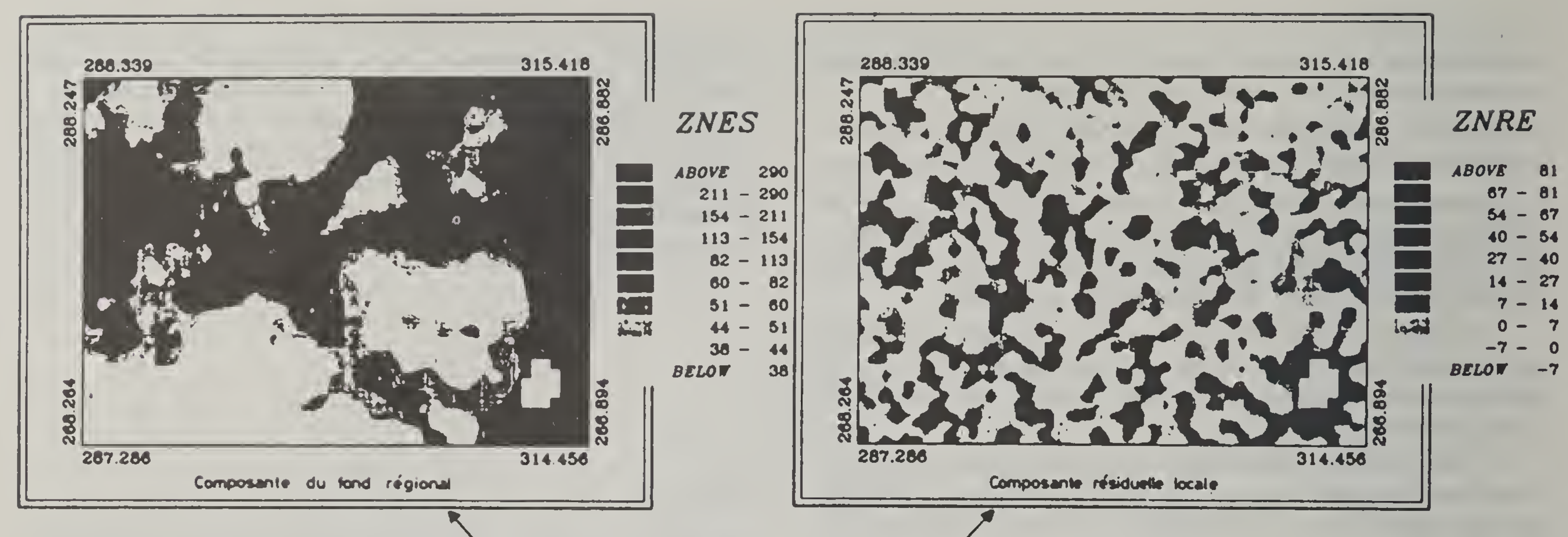
Le filtrage géochimique par régression dans l'espace des éléments centrés réduits, choisis comme variables explicatives (Fe_2O_3, Mn, Ba, P, V, B, Cr, Ni, Co, Y) qui sépare :

— une composante estimée caractérisant l'évolution « normale » des teneurs en zinc d'après la composition globale de chaque échantillon ;

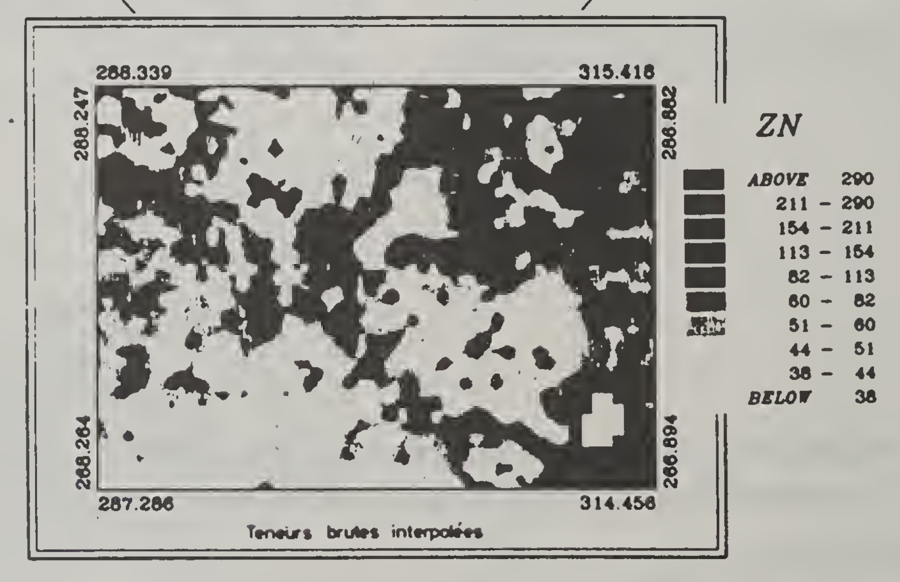
— une composante résiduelle marquant le caractère plus spécifiquement zincifère de certains échantillons par rapport à la tendance précédente.

La cartographie de la composante résiduelle permet d'identifier les structures les plus intéressantes comme guide de prospection à l'échelle régionale. Celles-ci sont mieux définies après lissage par régression par boule sur les coordonnées.

D'autre part, l'examen des valeurs résiduelles au niveau de chaque échantillon facilite la sélection des anomalies les plus significatives.



REGRESSION PAR BOULE SUR LES COORDONNEES



Références :

BORDET J.-P. (1973). — Étude des données géophysiques. Modélisation statistique par régression factorielle. Thèse de doctorat de spécialité. Laboratoire de statistique mathématique, Paris VI.

LEBEAUX M.-O. (1974). — Programmes de régression et de classification utilisant la notion de voisinage. Thèse 3e cycle, Paris VI.

ROQUIN C. (1984). — Traitement des données en prospection géochimique : facteurs de variations du signal et sélection, de la composante anomale. Thèse d'état, 1984, Orléans.

RS. 1680

Essai de prise en compte spécifique de la dispersion chimique des métaux pour la recherche de gisements cachés

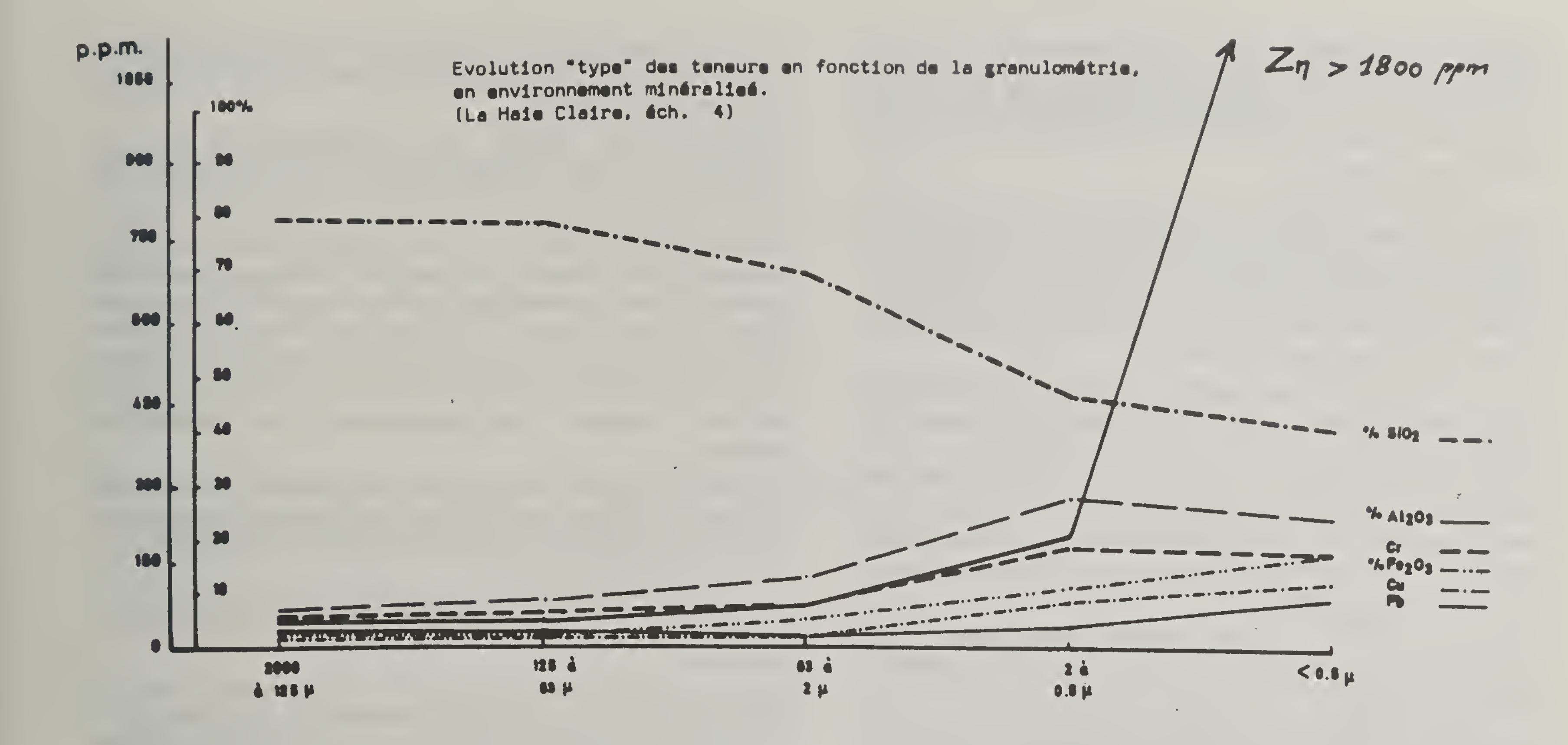
An attempt for selectively using the chemical dispersion of metals to search for hidden deposits

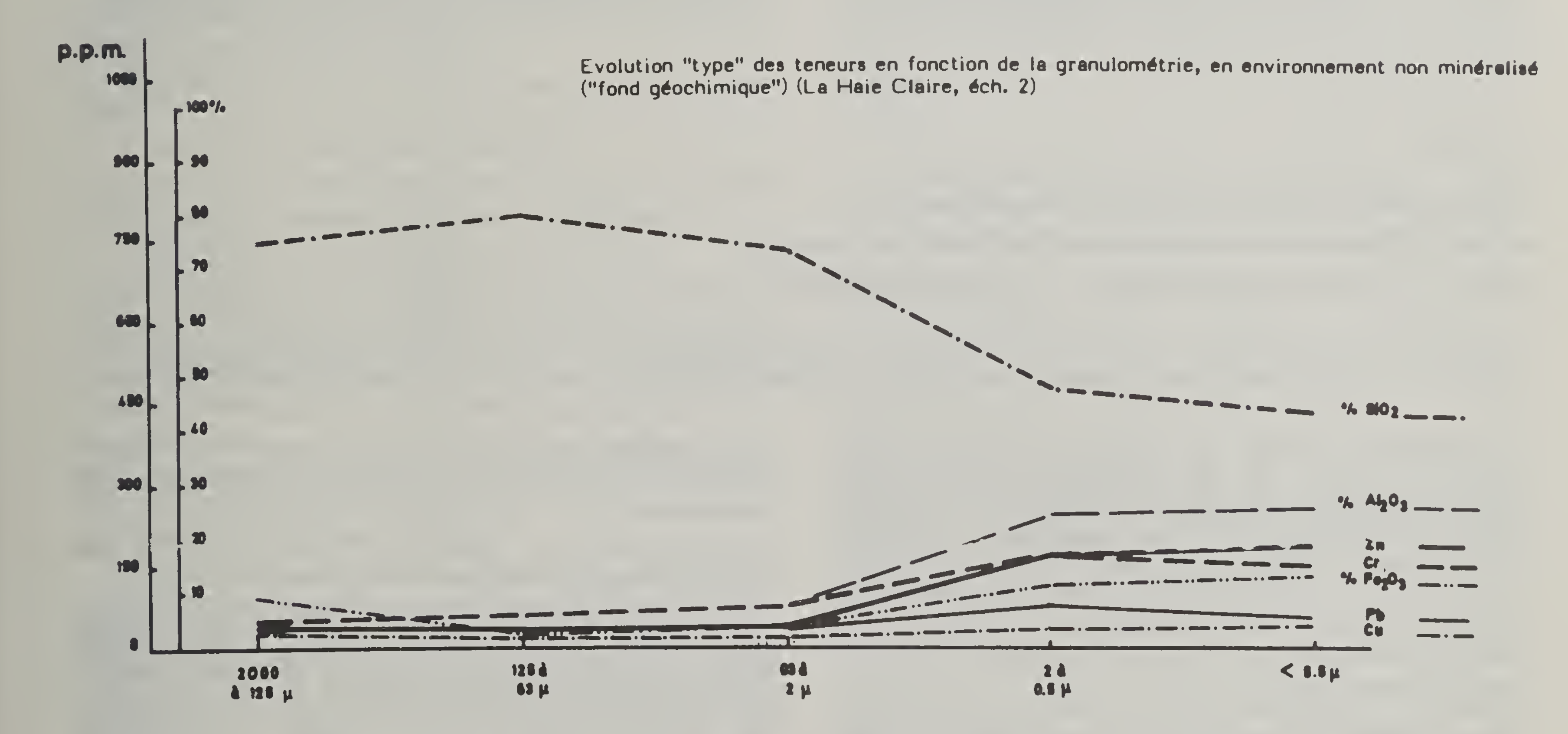
L. LAVILLE-TIMSIT
E. WILHELM

Convention C.C.E. n° MSM 035 F

Cette étude vise à prendre en compte, de façon la plus spécifique qui soit, la dispersion chimique des métaux qui serait capable d'élargir le champ d'investigation de l'outil géochimique, en donnant accès à des minéralisations lointaines (d'où possibilités d'élargissement des mailles d'échantillonnage) ou profondes (recherche de gisements cachés).

Le processus de dispersion chimique peut être, en effet, schématisé ainsi : une eau, en contact direct avec une minéralisation en voie d'oxydation, sert de support et de véhicule aux métaux déstabilisés dans ce milieu. Ces métaux sont ainsi transportés plus ou moins loin de leur source, jusqu'à ce qu'une modification des conditions physico-chimiques du milieu permette leur précipitation.





C'est ce qui se passe en particulier dans les sédiments de ruisseau, où certaines phases spécifiques tels les produits de coprécipitation métalliques, complexes colloïdaux,... sont les plus aptes à piéger ces métaux. Ces phases, mal organisées du point de vue minéralogique, sont en général concentrées dans la fraction « ultra-fine » des sols et sédiments ; elles peuvent également former des enduits (« coatings ») sur les particules plus ou moins grossières.

De ce fait, la recherche entreprise a pour but d'isoler ces produits ultra-fins et de les analyser, afin d'amplifier le signal de la composante chimique des métaux dont ils sont les supports.

A partir de sédiments de ruisseau prélevés dans le Massif armoricain, d'une part dans l'emprise directe de la minéralisation Pb-Zn à cachet volcano-sédimentaire silurien de la Haie Claire (Allon A., 1983) et d'autre part en extension latérale de ces mêmes formations paléozoïques (« fonds géochimiques ») et après avoir testé diverses procédures de séparation granulométrique (tamisage sous eau, sédimentation, centrifugation) cinq fractions différentes variant entre 2 000 µ < 0,5 µ, ont été analysées en multiéléments par ICP ; un contrôle des teneurs Zn par absorption atomique, ainsi que le dosage du carbone organique ont été effectués sur les fractions les plus fines.

La figure présentée illustre très fidèlement le schéma d'évolution des teneurs en fonction de la granulométrie, les deux échantillons sélectionnés étant respectivement représentatifs de l'environnement minéralisé et du fond géochimique régional.

— *Dans les deux cas,* on s'aperçoit que les teneurs de l'ensemble des éléments ne fluctuent guère de façon significative dans les fractions supérieures à 2 μ. Dans les « ultra-fines », par contre, la silice diminue au profit de l'alumine, ce qui traduit la prédominance normale des phases argileuses dans ces fractions.

La concentration des produits argileux s'accompagne d'une augmentation relative des teneurs des éléments de type « lithologique », tels que Cr, Co, Ni, V, Cu, ..., et il en est de même pour les métaux les plus stables des paragenèses sulfurées, comme Pb. Cet accroissement reste cependant de faible amplitude car il est essentiellement lié à une moindre dilution des sédiments par la phase à quartz « stérile ».

Pour ce qui est du zinc d'origine lithologique, l'augmentation des teneurs dans les fractions fines relève du même processus.

— *Au voisinage de la zone minéralisée* apparaît, en outre, dans la fraction $< 0,5\ \mu$, une très nette augmentation des teneurs en zinc, qui ne peut être expliquée par la simple fluctuation des proportions respectives de la phase argileuse et du quartz.

Celle-ci paraît traduire une surconcentration dans les « ultra-fines » d'un élément issu, par voie chimique, du stock métal reconnu.

La spécificité d'un tel comportement, par ailleurs indépendant des contenus en carbone organique total des fractions fines considérées, conforte ainsi l'hypothèse de départ de cette étude, et permet, en différenciant nettement l'accroissement des teneurs en zinc d'ordre formationnel de celles résultant d'un stock métal plus ou moins proche, d'espérer des applications en prospection minière.

Toutefois, avant de proposer un schéma complet des processus de dispersion il reste à définir de façon précise le ou les supports du zinc contenu dans ces fractions.

Référence :

ALLON A. (1983). — Les minéralisations à plomb, zinc, cuivre, argent, de la Haie Claire (Maine-et-Loire). État des connaissances au 30-03-1983. Rapport B.R.G.M., 83 RDM 006 FE.

RS. 1681

Description et mode de formation d'une « fausse anomalie » Pb-Zn à Kerouaran (Sud de Porte-aux-Moines - Côtes-du-Nord)

Description and formation processes of a « false » Pb-Zn anomaly at Kerouaran (South of Porte-aux-Moines, Côtes-du-Nord)

L. LAVILLE-TIMSIT

Situés 500 m en aval de l'amas sulfuré de Porte-aux-Moines, où Pb, Zn, Cu, Ag sont associés à des formations volcanosédimentaires paléozoïques à dominante schisteuse, les sols de Kérouaran présentent une anomalie géochimique fortement contrastée en Pb ($\simeq$ 800 ppm) et surtout Zn ($\simeq$ 1 %). Cette anomalie est localisée dans une zone de bas fond où les sols, très mal drainés, sont particulièrement riches en matière organique végétale en voie de décomposition.

Des passées à teneurs en zinc de l'ordre de 0,5 % ayant par ailleurs été reconnues par sondages percutants jusqu'à — 35 m dans les formations sous-jacentes, il s'agissait de préciser l'origine de l'anomalie observée en sol : anomalie résiduelle en place, en relation avec ce type de minéralisation ou bien anomalie supergène déplacée, en relation avec la minéralisation amont de Porte-aux-Moines.

Pour ce faire ont été réalisées :

— l'analyse chimique (globale et par attaques sélectives) et minéralogique (séparations de phases et examen au MEB) de 4 sols prélevés sur et hors anomalie ;

— l'analyse pédologique et minéralogique de profils tarière implantés sur et hors anomalie ;

— l'analyse macroscopique d'un profil moto-tarière implanté sur l'anomalie et recoupant l'ensemble du profil pédologique.

Ceci a permis de démontrer l'existence dans le bas fond, au niveau de l'anomalie de Kérouaran :

— d'une accumulation de type colluvial et/ou alluvial sur plus de 7 m de puissance, reposant sur des schistes noirs en place, constituée d'éléments lithiques provenant de tous les faciès affleurants environnants et, en particulier, de fragments détritiques du chapeau de fer de Porte-aux-Moines à oxydes de fer et oxydés secondaires de plomb (L. Laville-Timsit et E. Wilhelm, 1979) ;

— d'un milieu acide et réducteur dû à l'abondance de matière organique qui crée, en surface et subsurface, des conditions physico-chimiques favorables :

• au piégeage du fer, issu de l'amont, qui épigénise progressivement les débris végétaux en marcasite ;

• à la précipitation du zinc, préalablement lessivé du chapeau de fer de Porte-aux-Moines, sous forme de wurtzite supergène ; celle-ci présente en effet des faciès minéralogiques caractéristiques d'une formation à basse température, en milieu acide réducteur.

Débris végétaux épigénisés en marcasite et wurtzite, secondaires présents dans l'horizon superficiel des sols

s'observent encore, en moindre abondance, à 2,40 m de profondeur.

Ainsi, les particularités géochimiques et minéralogiques de cette anomalie de Kérouaran sont bien liées à des phénomènes strictement supergènes et donc sans rapport avec la formation sous-jacente en place. C'est de Porte-aux-Moines que proviennent le plomb et le zinc, le premier par dispersion mécanique, le second par dispersion chimique ; leur reconcentration dans les sols de Kérouaran se produit à la faveur d'une dépression morphologique (Pb) à laquelle se surimpose un milieu hydromorphe favorable à la précipitation du zinc.

Référence :

LAVILLE-TIMSIT L., WILHELM E. (1979). — Comportement supergène des métaux autour du gîte sulfuré de Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord). Application à la prospection géochimique. *Bull. B.R.G.M.* (2), II, 2-3, pp. 195-228.

RS. 1682

Profils d'altération à stone-lines au Gabon : premières hypothèses génétiques

« Stone Line » weathering profiles in Gaboon : preliminary genetic hypothesis

P. LECOMTE

Les travaux antérieurs conduits dans la région d'Etéké sur des profils d'altération à éléments lithiques, ont permis une première caractérisation morphoscopique et géochimique de ces altérites, tout en laissant pressentir leur caractère essentiellement résiduel.

Ces profils montrent, schématiquement, du haut vers le bas :

— un horizon argilo-sableux meuble ;

— un horizon rubéfié (stone-line) à fragments lithiques divers : quartz, nodules ferrugineux, lithoreliques ;

— l'altérite à structures primaires conservées.

La généralisation de l'étude à d'autres régions du Gabon (Libreville, Mitzic, Moyen Ogooué) ainsi que des travaux complémentaires en laboratoire (minéralogie, géochimie, pétrologie) permettent maintenant de proposer un modèle génétique pour la formation de ces profils.

L'étude des constituants ainsi que leur organisation au sein des différents horizons révèle une évolution polyphasée, où épisodes paléoclimatiques et conditions actuelles ont laissé leur empreinte spécifique.

L'architecture générale du profil, à savoir l'individualisation d'un niveau meuble superficiel et la formation d'un horizon d'accumulation, généralement en bonne conformité avec la surface topographique découle d'une évolution in situ liée à la pédogénèse actuelle, ou du moins récente. Deux phénomènes concomittants peuvent être invoqués :

— la digestion chimique, dans un milieu fortement hydromorphe, et en ambiance lessivante et agressive, des constituants les plus solubles de l'altérite préexistante (latérites plus ou moins démantelés, lithoreliques, etc.), et conduisant à la formation d'un plasma argilo-sableux très homogène ;

— la migration par gravité d'une partie des éléments grossiers (quartz notamment) dans cet horizon meuble gorgé d'eau. L'horizon d'accumulation, ou stone-line, souligné par des phénomènes d'oxydation, coïnciderait avec le front de la zone d'imprégnation.

Des observations précises sur les vestiges d'industries lithiques reconnues à des profondeurs variées dans l'horizon argilo-sableux meuble des altérites du Gabon étayent la vraisemblance de ce deuxième mécanisme (Pommeret, 1965 a, b ; Farine, 1966 ; Mœyersons, 1978).

L'histoire ancienne des profils d'altération, estompée par l'homogénéisation subactuelle, est plus difficile à décrypter. On peut cependant distinguer deux situations principales, selon la position dans le paysage géomorphologique :

— sur les surfaces hautes et moyennes, existence de vestiges irrécusables d'épisodes de latéritisation, en liaison probable avec un climat plus contrasté que le climat actuel ;

— dans les vallées principales (surfaces basses) et en relation avec des modelés concavo-convexes, présence d'anciens glacis avec, dans certains cas, le passage à des dépôts de terrasse.

S'il y a effectivement contamination possible de l'héritage parental par un apport de l'amont dans les profils développés sur glacis, ou allochtonie vraie pour les stone-lines alluviales, par contre sur les surfaces hautes et moyennes, les épisodes de latéritisation résultent d'un processus d'altération en place au sens large, avec bien sûr, l'homogénéisation — voire l'étalement — qui caractérise, par définition, toute pédogenèse.

En terme de lithodépendance, et donc d'utilisation de l'outil géochimique, c'est donc surtout l'évolution ancienne des profils qu'il faudra prendre en compte, les conditions équatoriales actuelles ne faisant que surimposer un épisode pédogénétique in situ au processus global de l'altération.

Références :

FARINE B. (1966). — Fouilles du gisement archéologique du « camp des gardes » à Libreville. *Bull. Soc. Préhistorique et Protohistorique du Gabon,* n° 4, pp. 7-13.

MOEYERSONS J. (1978). — The behaviour of stones and stone implements burried in consolidating and creeping Kalahari sands. *Earth Surface Processes,* vol. 3, pp. 115-128.

POMMERET Y. (1965). — Fouilles sur le gisement CS de Njolé. Civilisations préhistoriques du Gabon, vol. II, pp. 4-8, Centre culturel français de Libreville.

RS. 1683

Transport et fixation de l'uranium dans le domaine supergène : étude de cas et application en prospection géochimique

Transport and fixation of uranium in the supergene environment : case studies and applications to geochemical prospecting

B. PRADIER

L'étude de la géochimie de l'uranium conduite dans le cadre d'une thèse de 3e cycle, sur trois terrains d'essais différents nous a permis de préciser l'expression du métal dans les matériaux couramment prélevés en prospection géochimique :

— les eaux d'écoulement superficiel et d'émergence de source dans les bassins permo-carbonifères d'Autun (Morvan) et Saint-Hippolyte (Vosges) ;

— les sédiments de ruisseaux sur ces mêmes secteurs ;

— les sols isohumiques de l'anomalie « Paso Amarillo » (Uruguay).

Dans les eaux : en se référant aux données du modèle thermodynamique du type Wateq, construit pour les besoins de cette étude, il apparaît que dans les eaux étudiées, l'uranium serait présent à l'état oxydé hexavalent, sous forme d'ion uranyle UO_2^{2+}, complexé préférentiellement par l'ion $HPO_4^{2-}(UO_2(HPO_4)_2^{2-})$ et par l'ion CO_3^{2-} ($UO_2CO_3OH^-$, $UO_2(CO_3)_4^{4-}$, ...).

Une estimation des teneurs en uranium résiduel, nous a indiqué l'existence très vraisemblable de supports non minéraux du métal en solution, probablement des fulvates d'uranyle.

L'utilisation des degrés de saturation des eaux vis-à-vis de phases uranifères n'apporte aucun complément significatif au report des teneurs naturelles. Par contre, la normalisation de ces teneurs par des paramètres tels que la charge totale dissoute ou la conductivité, s'avère plus performante.

Dans les sédiments de ruisseau : l'uranium se concentre préférentiellement dans les fractions fines, notamment celles de granulométrie inférieure à 63 μ, conjointement à Fe, Mn, C organique et P_2O_5.

Les phases porteuses de l'uranium géochimique (*) reconnues dans les fractions fines sont constituées principalement (60 à 75 % de l'uranium total) par des oxyhydroxydes ferriques amorphes ou cryptocristallins et dans une moindre mesure par des acides fulviques (et humiques).

A aucun moment, nous n'avons décelé la présence de phases secondaires d'uranium, ce qui confirme les prédictions du modèle thermo-chimique utilisé pour le traitement des analyses d'eaux.

Notons encore que les phases ferriques semblent expliquer en majeure partie l'uranium piégé dans les fractions grossières des échantillons étudiés.

Une étude portant sur la mise au point d'une *procédure opérationnelle* pour la prospection de l'uranium a montré qu'une amélioration significative de l'image géochimique des indices uranifères de Saint-Hippolyte donnée par l'uranium « mobile » (attaque conventionnelle des fractions inférieures à 63 μ) pouvait être obtenue en cartographiant les teneurs résiduelles en uranium mobile après régression par le fer dosé dans le même extrait.

Dans les sols isohumiques de l'anomalie de « Paso Amarillo », un horizon superficiel renfermant des composés organiques peu évolués très réactifs et des phases ferriques amorphes ou cryptocristallines se comporte en véritable barrière vis-à-vis de la migration de l'uranium. On assiste, sur une zone très réduite en surface et en profondeur, à l'accumulation du métal dans la proportion de 5 à 1 par rapport aux teneurs du niveau source reconnu. Ce type d'anomalie hydromorphique de bas de pente peut être considéré, en raison de son fort contraste, comme un bon révélateur d'une source d'uranium dans l'environnement proche.

Il ressort principalement de cette étude qu'une meilleure connaissance de l'expression de l'uranium dans les eaux de surface et de ses phases porteuses dans les sédiments de ruisseau et les sols permet d'améliorer l'interprétation ou la mise en évidence d'anomalies géochimiques dans ces différents milieux.

Ainsi avons-nous montré que :

— dans les eaux de surface, les teneurs anomales d'uranium dissous ne sont pas significatives si elles s'accompagnent de concentrations élevées en HCO_{3-} et/ou PO_4^{3-} ;

— en prospection géochimique alluvionnaire, la prise en compte des phases ferrifères adsorbantes de l'uranium en régressant l'uranium mobile par le fer dans le même extrait, apportait une amélioration significative des résultats.

Référence :

PRADIER B. (1983). — Transport et fixation de l'uranium dans le domaine supergène : étude de cas et application de prospection géochimique. Thèse de doctorat 3e cycle, Université d'Orléans.

(*) Par opposition à l'uranium « résistant » lié aux minéraux résiduels.

RS. 1684

Étude du profil latéritique de Diouga (Haute-Volta) : aspects pétrologiques et minéralogiques

Study of a lateritic weathering profile at Diouga (Upper Volta) : petrology and mineralogy

J.-P. AMBROSI
H. ZEEGERS

Après une phase de terrain et une première étape de caractérisation géochimique des différents niveaux échantillonnés, l'étude du profil latéritique de Diouga a été poursuivie, par pétrologie et minéralogie qui permettent de préciser les mécanismes de l'altération.

L'étude en lames minces montre bien comment, à partir des minéraux sains ou peu altérés à la base du profil, on acquiert par néogenèse de kaolinite un plasma d'altération où ne subsistent que quelques vestiges des minéraux primaires. Simultanément, les phénomènes de ferruginisation se développent, à caractère fissural ou plasmique, avec prédominance d'hématite dans le premier cas et de goethite dans l'autre.

Lorsqu'on s'élève dans le profil, deux types de nodulation se développent, parallèlement à l'augmentation de la teneur globale en fer :

— à hématite, conservant intacts des noyaux de plasma initial, et évoluant en lithoreliques dans les horizons indurés supérieurs, en liaison avec la ferruginisation fissurale ;

— à hématite-goethite, oblitérant la structure plasmique kaolinique, et donc toute structure de la roche mère, lorsque la ferruginisation est à dominante plasmique.

Ce sont donc les conditions et la nature des ferruginisations dans les microsystèmes de la roche en voie d'altération qui déterminent la morphologie des faciès latéritiques.

D'un point de vue géochimique, la mise en évidence de deux processus de ferruginisation, concommitants et concurrentiels, est très importante, car les conditions d'équilibre des éléments utilisés en prospection, tels le cuivre ou le zinc, seront très différentes, dépendant des proportions respectives d'hématite ou de goethite.

Recherches sur les techniques analytiques et minéralogie descriptive

RS. 1685

Etude d'un plasma I.C.P. et application à l'analyse multiélémentaire d'échantillons géologiques

I.C.P. study and application to multielement analysis of geological samples

M. BORSIER
G. LABARRAQUE
M. GARCIA

L'étude d'un système d'analyse par plasma I.C.P. a permis de définir l'optimum des conditions d'utilisation en routine.

L'automatisation des différentes opérations a été réalisée. La mise en solution s'effectue par frittage au peroxyde de sodium (1 g échantillon/3 g peroxyde) et reprise chlorhydrique. L'analyse est régulée grâce au maintien d'un rapport constant entre l'intensité d'une raie ionique et d'une raie atomique. Le principe de cette régulation est basée sur le maintien d'un débit d'argon constant dans l'entraînement de l'échantillon. Celui-ci est assuré par la somme des débits du gaz de nébulisation proprement dit et d'un débit de gaz dit de « gainage ». Les variations aléatoires du débit de nébulisation sont suivies par un débitmètre massique et le débit de « gainage » est ajusté automatiquement de façon à maintenir la somme constante.

Cette façon de procéder permet le maintien constant de la position des zones d'excitation dans le plasma pendant toute la durée d'analyse après un réglage initial. Il accroît de façon très importante la stabilité du plasma et la reproductibilité des mesures.

Chaque analyse comporte trois mesures et n'est acceptée que sous condition d'un coefficient de variation inférieur à 2 %. Une recalibration a lieu tous les dix échantillons. La reproductibilité a été évaluée entre 2 et 5 % relatif pour les éléments majeurs et 10 % pour les éléments traces.

La justesse a été testée par l'analyse d'échantillons standards internationaux (MAN, BEN, GXR, GSD, NIM).

Les limites de détection sont voisines de 10 ppm dans l'échantillon pour les éléments traces.

Référence :

LABARRAQUE G. (1984). — Etude d'un plasma I.C.P., 27 MHz et application à l'analyse multiélémentaire par spectrométrie d'émission U.V. d'échantillons géologiques. *Documents du B.R.G.M.*, n° 71.

RS. 1686

Analyse multiélémentaire des éléments majeurs et traces dans les eaux par spectrométrie d'émission à plasma I.C.P.

Multielement analysis of major and trace elements in water by I.C.P. emission spectrometry

M. BORSIER
G. REVOIL *

La méthodologie d'analyse simultanée des éléments majeurs (cations) et traces dans les eaux a été réalisée.

Un programme de calcul a été établi permettant l'étalonnage, le réglage des conditions opératoires, la correction des interférences et l'exploitation des résultats.

Les résultats obtenus pour les analyses en direct sur divers types d'eaux font apparaître les limites de détection et les limites supérieures de dosabilité suivantes :

* Thèse de docteur ingénieur

Cations majeurs (mg/l)

	Na	Ca	Mg	K	Fe
L.C L.S. Dos	0,2 1 500	0,05 230	0,02 220	50 —	0,01 100
	SiO_2	Al	Sr	B	Mn
L.C. L.S. Dos	0,1 140	0,01 25	0,01 8	0,01 8	0,01 50

Les éléments traces dosés peuvent être scindés en deux catégories qui par analyse directe donnent :

Limite de détection

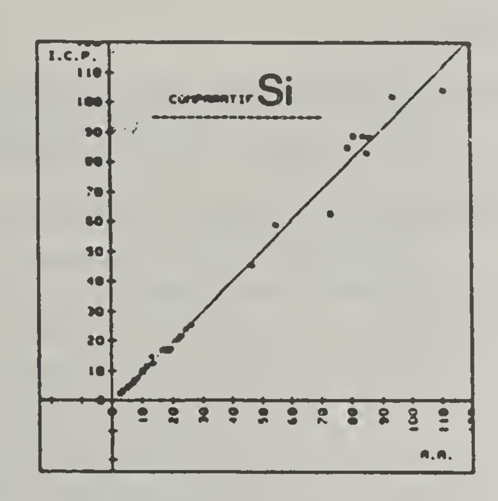
5 ppb	Cu	Zn	V	Cr	Co
20 ppb	As	Mo	Sn	Sb	Ce
5 ppb	Ni	Ag	Cd	Ba	Ti
20 ppb	W	Pb			

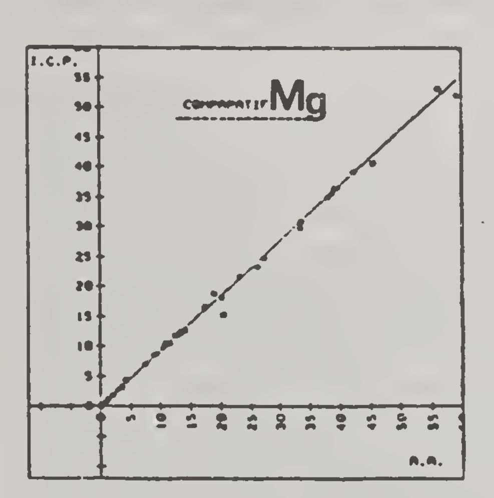
Après préconcentration ces limites peuvent être abaissées d'un facteur variant de 10 à 50 selon le volume initial de l'échantillon.

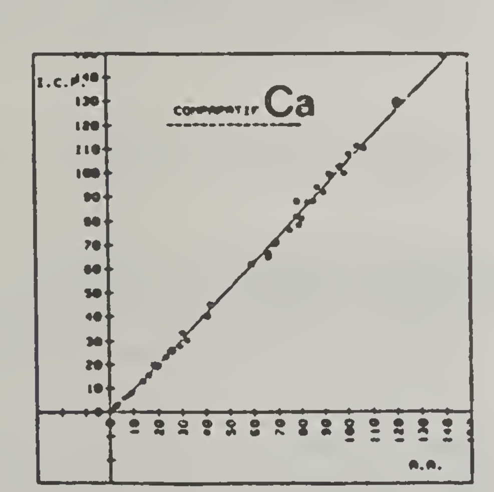
L'ensemble des éléments peut être déterminé par analyse directe sur un volume de 5 ml.

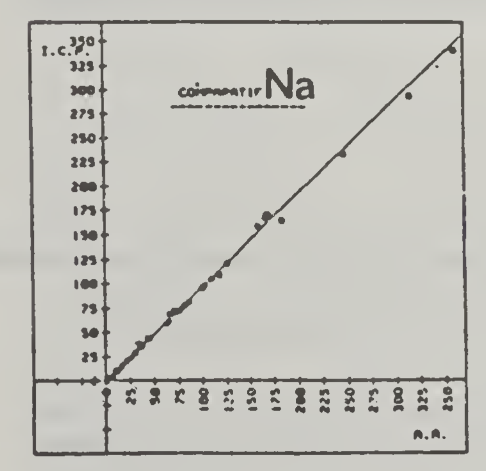
Une campagne d'intercomparaison a eu lieu à la fois pour les éléments majeurs (comparaison I.C.P. — AA flamme) et pour les traces (I.C.P. — AA four).

Quelques exemples des résultats obtenus sont représentés graphiquement sur les figures ci-dessous.









RS. 1687

Etudes en microspectroscopie Raman de matières carbonées

Raman microspectroscopic studies on carbonaceous materials

C. BENY
J.-N. ROUZAUD *

Les matières carbonées sont différentes par leur composition chimique (hétéroatomes), leur structure et leur microtexture. C'est pourquoi, il est intéressant de trouver des méthodes qui permettent de les caractériser. Nous avons choisi de corréler les données obtenues par microspectroscopie Raman, microscopie optique et microscopie électronique par transmission (M.E.T.). Tout d'abord, nous avons étudié 4 séries de carbones références obtenues par traitement thermique à partir de 4 précurseurs de composition chimique simple : film mince (~ 150 Å d'épaisseur) et film épais (~ 500 Å) de carbone, semi-coke d'anthracène et semi-coke de saccharose. Les 3 premières séries sont graphitisables. Puis, des études ont été réalisées sur des charbons de degrés de houillification (ou rangs) différents.

* Laboratoire Marcel Mathieu, ER 131 C.N.R.S., U.E.R. Sciences, 45045 Orléans cedex, France.

** Les spectres Raman ont été obtenus avec la Mole se trouvant au Laboratoire de spectrochimie infrarouge et Raman (L.A.S.I.R.) C.N.R.S. de Lille dirigé par M. Delhaye.

Les spectres Raman** de plages de quelques microncarrés ont été obtenus grâce à la microsonde Raman Mole (Molecular Optical Laser Examiner). Les résultats Raman ont été corrélés avec ceux donnés par la microscopie électronique, notamment en traçant, pour les séries graphitisables, le diamètre L_a des couches aromatiques (déterminé à partir des franges de réseau et des fonds noirs 11) en fonction de l'aire spécifique S de la bande Raman à environ 1 350 cm^{-1}, caractéristique des défauts présents dans la plage étudiée (S est le rapport des aires de la bande de défauts et du spectre total). Pour les charbons, la largeur à mi-hauteur de la bande vers 1 600 cm^{-1}, attribuable au mode de vibration E_{2g}, dans le plan des couches aromatiques, a été tracée en fonction du pouvoir réflecteur mesuré sur la partie vitrinite du charbon considéré.

Les études effectuées permettent de conclure que l'évolution des matières carbonées au cours de traitements thermiques ou de processus naturel est possible grâce à l'élimination progressive plus ou moins rapide et plus ou moins complète de différents types de défauts. Ces défauts ont pu être identifiés et leur élimination sélective suivie. Ces défauts sont : des hétéroatomes, des carbones tétraédriques, des unités structurales de base (USB) isolées ou désorientées (USB formées de structures polyaromatiques, constituées d'environ 12 cycles, isolées ou empilées par 2 ou 3) soit donc des défauts hors du plan des couches aromatiques et enfin des défauts dans le plan des couches aromatiques. L'élimination des défauts permet le réarrangement des USB et l'installation progressive d'une organisation qui peut soit rester très limitée, soit éventuellement aller jusqu'à l'ordre tripériodique suivant les séries et matériaux.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation conjointe, de la microspectroscopie Raman et de la microscopie électronique par transmission, est d'un grand intérêt pour bien caractériser les matières carbonées. Des travaux sont envisagés en particulier sur des cokes obtenus à partir de charbons et sur des particules de carbone inclues dans des minéraux.

Références :

BENY C. (1980). — Recherches sur les applications possibles aux Sciences de la Terre de la microsonde moléculaire à effet Raman. Rapport B.R.G.M. 80 SGN 076 MGA.

BENY-BASSEZ C., ROUZAUD J.-N., OBERLIN A. (1981). — Premières applications de la microsonde Mole à effet Raman à l'étude d'une série de charbons. *C.R. Acad. Sc. Paris,* t. 293, Série II, pp. 509-512.

ROUZAUD J.-N., OBERLIN A., BENY-BASSEZ C., (1983). — Modèle de relation entre les propriétés optiques et l'organisation cristalline des carbones : les films de carbone. *C.R. Acad. Sc. Paris ;* t. 296, Série II, pp. 369-372.

ROUZAUD J.-N., OBERLIN A., BENY-BASSEZ. (1983). — Carbon films : structure and microtexture (optical and electron microscopy, Raman spectroscopy). *Thin Solid Films,* n° 105, pp. 75-96.

RS. 1688

Etudes d'inclusions fluides par microsonde à effet Raman

Studies of fluid inclusions by Raman microprobe

C. BENY
N. GUILHAUMOU*

La microsonde à effet Raman permet de caractériser les divers constituants existants dans les inclusions fluides dont la taille est égale ou supérieure à quelques microncubes. Ces constituants peuvent être gazeux, liquides, dissous (cependant les ions monoatomiques ne sont pas détectables) ou solides. La détermination des concentrations relatives des espèces est possible. Des études menées conjointement par microspectroscopie Raman** et microthermométrie ont fourni des informations nouvelles très importantes pour la compréhension et la reconstruction des équilibres chimiques minéral-fluide.

L'analyse d'inclusions mono-, bi-, tri- ou même quadriphasées nous a permis, à nous et à d'autres équipes (C.R.E.G.U. par exemple), de déterminer les systèmes plus ou moins complexes et parfois à priori inattendus qui s'y trouvent comme par exemple les systèmes N_2-CO_2, $H_2S-H_2O-CO_2-S$, H_2-O_2, CO_2-CH_4, $CO_2-CH_4-N_2$, CH_4-N_2, $CH_4-C_2H_6$, ...

Nos dernières études, effectuées sur des recristallisations calcitiques de sédiments carbonatés prélevés par forage, ont mis en évidence les associations suivantes : CH_4-H_2S-carbone, $CH_4-CO_2-H_2S$-carbone, $CH_4-CO_2-H_2S-H_2O$-carbone dont le comportement à basse température est caractéristique du système CH_4-H_2S. La comparaison des spectres Raman de la phase solide avec des travaux antérieurs sur une série de charbons montrent qu'il s'agit d'un matériau carboné mal organisé. La composition des gaz extraits actuellement par forage est proche de celle des gaz inclus. Les résultats obtenus suggèrent l'évolution in situ des hydrocarbures, piégés sous forme liquide ou gazeuse, vers une association composée d'un résidu carboné et d'un gaz riche en H_2S ne contenant pas d'hydrocarbures plus lourds que le méthane.

Les différents travaux réalisés, à la fois en microspectroscopie Raman et microthermométrie, confirment l'intérêt de l'étude des inclusions fluides et doivent être poursuivis sur des échantillons d'origine très diverses.

* Lab. Géologie, E.N.S., 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex, France.

** Les spectres Raman ont été obtenus avec la Mole située au Laboratoire de spectrochimie infrarouge et Raman (L.A.S.I.R.) C.N.R.S. de Lille dirigé par M. Delhaye.

Références :

BENY C. (1980). — Recherches sur les applications possibles aux Sciences de la Terre de la microsonde moléculaire à effet Raman. Rapport B.R.G.M. 80 SGN 076 MGA.

BENY C., GUILHAUMOU N., TOURAY J.-C. (1982). — Native sulphur-bearing fluid inclusions in the CO_2-H_2S-H_2O-S system. Microthermometry and Raman microprobe (Mole) analysis. Thermochemical interpretations. *Chemical Geology*, 37, pp. 113-127.

GUILHAUMOU N., VELDE B., KLOSTERMANN M.-J., BENY C. (1984). — Raman microprobe studies of gaseous inclusions from oolitic limestones. E.C.R.F.I., Orléans, 6-9 avril 1983. *Bull. Minéral., (sous presse).*

DUBESSY J., BENY C., BENY J.-M., GUILHAUMOU N., DHAMELINCOURT P., POTY B. (1984). — Applications of the Mole Raman microprobe to the study of fluid inclusions in minerals. I.C.X.O.M., 10, Toulouse, 5-9 septembre 1983. *J. Phys. (sous presse).*

RS. 1689

Nouvelles données sur la cristallochimie des sulfosels de Pb/Sb argentifères

New data on crystal-chemistry of Pb-Sb-Ag sulfosalts

Y. MOËLO

Dans les minerais sulfurés complexes, l'argent est piégé sous des formes minéralogiques variées : en solution solide ou en micro-inclusions dans la galène, en substitution au cuivre dans la série des cuivres gris, ou sous la forme de divers sulfosels d'argent bien exprimés. Parmi ces derniers, les sulfosels de Pb-Ag/Sb ont fait l'objet d'études analytiques à la microsonde électronique, qui ont permis de préciser la cristallochimie de l'owyheeite ainsi que des minéraux de la série de l'andorite.

1) Cristallochimie de l'owyheeite (en collaboration avec N. Mozgova [1], P. Picot ([2], N. Bortnikov[1] et Z. Vrublevskaya[1]).

L'étude chimique comparée, à la microsonde électronique, d'owyheeite de treize gisements différents a révélé des fluctuations sensibles des teneurs en éléments majeurs, en liaison avec la nature des sulfosels associés, ainsi que la présence occasionnelle de différents éléments mineurs : Cu et As (très fréquents), Sn et Bi (moins fréquents), Tl et Se (exceptionnels). Compte tenu du mode de substitution de ces éléments mineurs, la projection des analyses dans le système Pb_2S_2 — Ag_2S — Sb_2S_3 délimite un champ restreint de solution solide dont l'allongement s'accorde avec la substitution $2\,Pb^{2+} \rightleftharpoons Ag^{+} + Sb^{3+}$. Ce champ de on solide englobe la composition de la variété « téremkovite », mais exclut la formule donnée initialement par Shannon. La formule $Pb_{10-2x}Sb_{11+x}Ag_{3+x}S_{28}$ ($-0{,}13 < x < +0{,}20$) rend compte des termes à rapport Ag/Sb maximal ; l'obtention d'une formule plus générale reste subordonnée à la résolution de la structure cristalline. Aucun élément mineur ne peut jouer à lui seul le rôle de stabilisateur de la structure, mais ce même rôle peut être joué complémentairement par différents éléments, tels que Cu et Sn. Les clichés de microdiffraction électronique montrent des phénomènes de surstructure plus ou moins prononcés, en liaison avec la concentration en (Ag + Cu), ou avec le degré de finesse du maclage complexe spécifique de l'owyheeite.

2) Cristallochimie de la série de l'andorite (en collaboration avec E. Makovicky[3] et S. Karup-Moller [4]).

La série de l'andorite, analolue antimonifère de la série gustavite-lillianite, est constituée de cinq espèces bien caractérisées (sénandorite, quatrandorite, ramdohrite, fizélyite et uchucchacuaïte) ; d'autres composés, telle la nakaséite, sont imparfaitement définis. Tous ces minéraux vérifient la formule générale $(Pb, Mn)_{1+2x}$ $(Ag, Cu)_{1-x}$ $(Sb, Bi)_{3-x}$ S_6 ; x prend des valeurs particulières pour chacune des espèces, qui peuvent être ainsi désignées par le symbole And_n, où $n = (1 - x) \times 100$.

Sénandorite (= andorite VI) : orthorhombique, correspond à $And_{103\text{-}109}$; optiquement non maclée. *Nakaséite* (= andorite XXIV) : c'est également de l'andorite « sur substituée » (And_{108}) ; optiquement identique à la sénandorite. *Quatrandorite* (= andorite IV) : monoclinique pseudo-orthorhombique, correspond à $And_{94\text{-}99}$; maclage irrégulier ubiquiste.

Ramdohrite et *fizélyite* sont monocliniques ; compositions idéales respectives : And_{75} et $And_{62,5}$; optiquement identiques, avec un maclage lamellaire ubiquiste suivant deux directions. *Uchucchacuaïte* : apparemment orthorhombique, correspond à And_{50} ($Pb_3MnAgSb_5S_{12}$) ; maclage lamellaire caractéristique.

Les analyses microsonde ont permis de détecter des éléments mineurs variés : Cu est toujours présent dans la sénandorite (0,n %) ; la teneur maximale s'observe dans la nakaséite (jusqu'à 1,2 %) ; Fe se substitue à Pb, de préférence dans la fizélyite et la ramdohrite. Une solution solide existe entre la quatrandorite et son analogue à Bi, la gustavite. Cd, toujours présent dans la ramdohrite (de 0,6 à 1,7 %), apparaît essentiel à sa stabilisation dans la nature ; Mn est également essentiel pour la uchucchacuaïte. As, In, Sn et Se n'ont été que rarement détectés.

Les minéraux de la série de l'andorite montrent des associations topotactiques variées : croissance en épi-

(1) I.G.E.M., Académie des Sciences, Moscou, U.R.S.S.
(2) B.R.G.M., SGN-MGA, Orléans, France.
(3) Institute of Mineralogy, Copenhague, Danemark.
(4) Mineralogical Institute, Lyngby, Danemark.

* Centre de recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux, G.I.S (C.N.R.S.-B.R.G.M.), 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans cedex.

taxie, remplacements, intercroissances syntactiques, et phénomènes d'exsolution. Contrairement aux synthèses expérimentales, qui favorisent des phénomènes de solution solide et des associations submicroscopiques, la cristallisation de ces sulfosels dans la nature conduit à des composés spécifiques, généralement bien différenciés à échelle microscopique.

Références :

MOËLO Y., MOZGOVA N., PICOT P., BORTNIKOV N., VRUBLEVSKAYA Z. (1984). — Cristallochimie de l'owyheeite : nouvelles données. *Tschermaks Min. Petr. Mitt. (à paraître).*

MOËLO Y., MAKOVICKY E., KARUP-MOLLER S. (1984). — New data on the minerals of the andorite series. *N. Jb. Miner. Mh. (à paraître).*

RS. 1690

La uchucchacuaïte, $AgMnPb_3Sb_5S_{12}$, une nouvelle espèce minérale de la série de l'andorite.

Uchucchacuaïte, $AgMnPb_3Sb_5S_{12}$, a new mineral of the andorite series.

Y. MOËLO *
E. OUDIN
P. PICOT
R. CAYE

La uchucchacuaïte est associée avec alabandite, galène, bénavidésite, sphalérite, pyrite, pyrrhotite et mispickel dans la minéralisation télescopée du Uchuc-Chacua (Pérou).

L'analyse à la microsonde électronique donne Pb 34,8 ; Sb 34,4 ; Ag 5,9 ; Mn 2,8. Fe 0,2 ; S 21,1 ; Se 0,3 ; total 99,5 %. Formule : $Ag_{0,98}(Mn_{0,91}Fe_{0,06})_{\Sigma 0,97}Pb_{3,04}Sb_{5,09}$

La uchucchacuaïte est associée avec alabandite, galène, bénavidésite, sphalérite, pyrite, pyrrhotite et mispickel dans la minéralisation télescopée du Uchuc-Chacua (Pérou).

L'analyse à la microsonde électronique donne Pb 34,8 ; Sb 34,4 ; Ag 5,9 ; Mn 2,8. Fe 0,2 ; S 21,1 ; Se 0,3 ; total 99,5 %. Formule : $Ag_{0,98}(Mn_{0,91}Fe_{0,06})_{\Sigma 0,97}Pb_{3,04}Sb_{5,09}(S_{11,93}Se_{0,07})_{\Sigma 12}$, idéalement $AgMnPb_3Sb_5S_{12}$.

La uchucchacuaïte est pseudo-orthorhombique, de groupe spatial Pmmm, P 222 ou Pmm 2, avec a = 12,67, b = 19,39 et c = 3,38 Å, Z = 2. Raies les plus intenses du diagramme de poudre : 3,80 (3) (121) ; 3,49 (3) (131) ; 3,30 (10) (250) ; 2,90 (8) (321,051) ; 2,75 (3) (331) ; 2,29 (1) (171) ; 2,19 (1) (511,002) ; 2,08 (3) (531,181).

Microdureté Vickers (VHN_{100}) proche de 168 kg/mm². Densité (calc.) = 5,61. Réflectances maximale et minimale [R_M — R_m (λ)] : 44,2 — 36,3 (420) ; 43,9 — 35,0 (480) ; 43,3 — 34,1 (540) ; 42,4 — 33,2 (600) ; 41,2 — 32,3 (660) ; 39,7 — 30,8 (720) ; 39,2 — 30,0 (780). Entre polariseurs croisés, maclage polysynthétique systématique suivant une seule direction, qui serait indicatif d'une symétrie vraie monoclinique.

Cette espèce correspond à un terme faiblement substitué (And_{50}) de la série de l'andorite. La présence de Pb et Mn en proportions identiques en site octaédrique, probablement de manière ordonnée, expliquerait ce faible degré de substitution.

Référence :

MOËLO Y., OUDIN E., PICOT P., et CAYE R. (1984). — La uchucchacuaïte, $AgMnPb_3Sb_5S_{12}$, une nouvelle espèce minérale de la série de l'andorite. *Bull. Minéral.*, 107 *(à paraître).*

* Centre de Recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux G.I.S. (C.N.R.S.-B.R.G.M.), 1A, rue de la Férollerie, 45045 Orléans cedex

RS. 1691

Contribution à l'étude de l'altération de la vivianite : cas de la vivianite d'Anloua

Contribution to the study of alteration of vivianite : example of the Anoua vivianite

F. PILLARD

L'altération de la vivianite d'Anloua, après examen détaillé au laboratoire de plusieurs centaines d'échantillons collectés sur le site par Pascal Oustrière et Marc Lettermann, nous apparaît comme étant d'un type assez particulier et différent de celui mentionné par Poullen (1982) et par certains auteurs tels Popova (1910) et Chukhrov et *al.* (1966).

En effet, ils observent une séquence présentant un pourcentage croissant en Fe^{3+} au détriment du Fe^{2+} (compensation de charges par apparition de OH issus des H_2O) avec passage par le stade de la métavivianite (triclinique) à ~ 45 % de Fe^{3+} (Poullen, 1982). Une amorphisation totale apparaît en fin de cycle à 100 % de Fe^{3+} ainsi qu'un brunissement de l'échantillon et une désagrégation partielle.

Nous présentons dans ce travail un cycle différent, avec transformation de la vivianite, soit en lipscombite, soit en phosphate ferrique amorphe aux rayons X, sans passage par la métavivianite intermédiaire.

De nombreux essais en laboratoire ont permis de confirmer la séquence « normale » de Poullen (1982) et de définir certaines conditions conduisant à l'altération différente observée dans le gisement d'Anloua. Plusieurs méthodes et en particulier celle du Sohxlet déjà employée par Vochten et de Grave (1981) ont permis d'arriver à des résultats concrets concernant la liscombite : présence de peu d'oxygène — un milieu préférentiellement acide et une température d'autant plus élévée que le pH de la solution est plus proche de la neutralité (par exemple : pH entre 2 et 2,5 à 100 °C ou pH ~ 6 à 150 °C, ces expériences ayant été réalisées dans des temps relativement courts, très éloignés de la réalité).

— Une redéfinition de la lipscombite est proposée, à la lueur de ces travaux et de la synthèse bibliographique effectuée à cette occasion.

— Une comparaison entre le phosphate ferrique amorphe d'Anloua et ceux de Poullen (1982) est également proposée.

— Divers phosphates moins abondants dans le gisement sont étudiés, et en particulier une béraunite vert foncé très riche en Fe^{2+} ; un pôle intégralement ferrique ne dérivant pas de l'oxydation du précédent est également décrit. Une strunzite sans Mn et une « rockbridgéite » très riche en Fe^{2+} (incomplètement décrite faute de matériel) sont également signalées ainsi que la strengite, de la phosphosidérite et de la cacoxénite.

— Une succession minéralogique est proposée avec, dans un premier temps une altération sans départ de Fe, ni de P (rapport Fe/p toujours égal à ~ 1,5) puis ensuite avec le lessivage de Fe (le rapport baisse jusqu'à 1 pour la strengite et la phosphosidérite).

— Enfin, des comparaisons sont effectuées avec le gisement sédimentaire de Mullica Hill, New Jersey (Henderson Jr., 1980) et avec un gisement de pegmatite, Palermo n° 1 (Segeler et *al.*, 1981).

Référence :

OUSTRIERE P., PILLARD F., LETTERMANN M., (1982). — Etude de la phosphatogenèse à fer ferreux et fer ferrique. Le cas des vivianites d'Anloua (Cameroun). Rapport D.G.R.S.T. Contrat programme V.R.S.S. Réf. J.O. 14.09.84.

RS. 1692

Nouvelles espèces minérales : descriptions et déterminations structurales

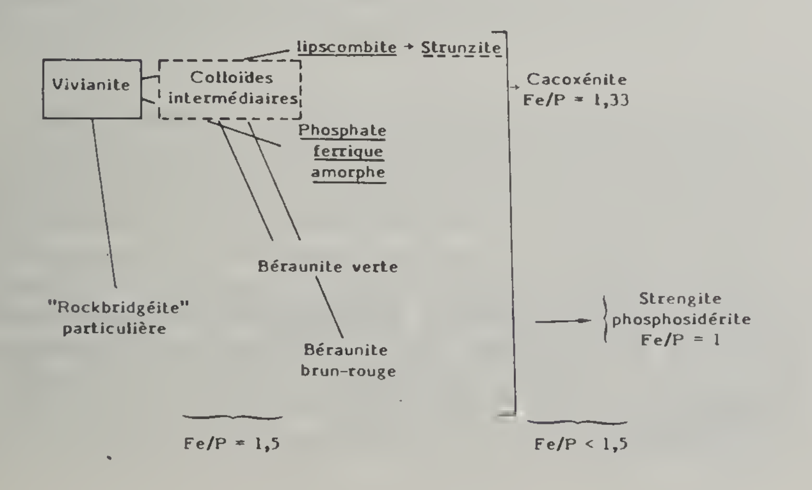
New mineral species : descriptions and structural determinations

R. CAYE, B. CERVELLE (1)
F. CESBRON, F. FONTAN (2)
A.-M. FRANSOLET (3), D. GINDEROW (1)
R. GIRAUD, J.-J. GUILLOU (4)
J. MONTHEL, E. OUDIN
P. OUSTRIERE. P. PICOT
F. PILLARD, J. PROTAS (5)
J.-C. SAMAMA (4), S. WILLIAMS (6)

Au cours d'études menées au B.R.G.M., parfois conjointement avec d'autres organismes de recherche, un certain nombre de minéraux nouveaux ont été rencontrés en 1983 et leur description acceptée par l'Association internationale de minéralogie.

Parmi les sulfures, l'isocubanite $CuFe_2S_3$ a été observée dans les minéralisations sous-marines de la Ride Est Pacifique et de la Mer Rouge où elle s'est formée à environ 350 °C, un phénomène de trempe par l'eau de mer ayant permis la stabilisation de cette forme haute température de la cubanite. La vinciennite $Cu_{10}Fe_4$ Sn (As, Sb) S_{16}, plus complexe et intermédiaire entre la stannite d'une part et la rénierite et la colusite d'autre part, provient du gîte pyriteux de Chizeuil (Saône-et-Loire) où quatre paragenèses distinctes ont été distinguées et leur formation expliquée. Enfin, l'imiterite $Ag_2 HgS_2$ provient du gîte d'Imiter, Anti-Atlas Oriental, Maroc, où elle est associée à la moschellandsbergite et à un terme de la série polybasite-pearceite : sa structure atomique a été déterminée à l'Université de Nancy I.

Parmi les minéraux oxydés, la mantienneite $KMg_2 Al_2 Ti (PO_4)_4 (OH)_2 . 15 H_2O$ constitue une part importante du ciment d'un grès lacustre d'Anloua, Cameroun, gîte célèbre pour ses cristaux de vivianite et qui va faire l'objet, en 1984, de la soutenance des thèses respectives (en géologie, géochimie et minéralogie) de M. Lettermann, P. Oustrière et F. Pillard. La yécoraite $Fe_3^{3+}Bi_5 TeO_3 (TeO_6) O_5nH_2O$ provient de la mine Maria-Elena,



(1) Laboratoire de minéralogie-cristallographie associé au C.N.R.S., Université P. et M. Curie, 75230 Paris cedex 05.

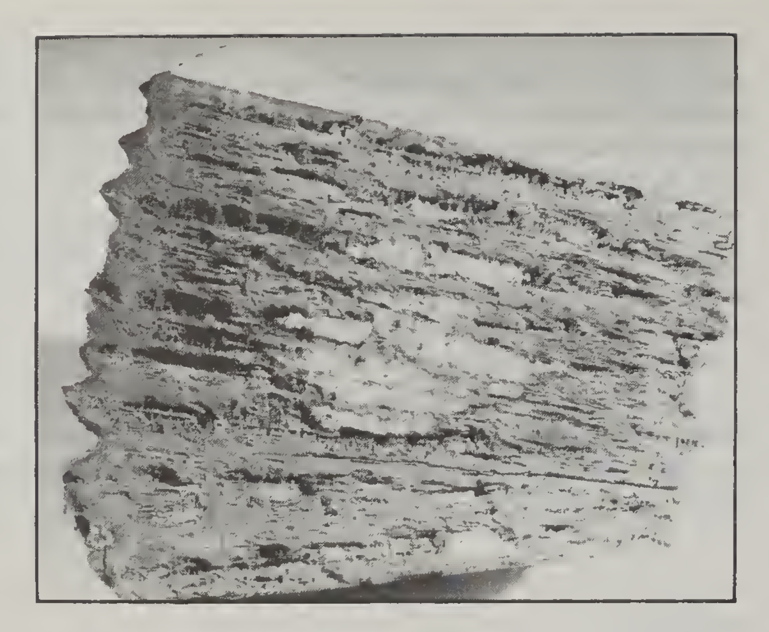
(2) Laboratoire de minéralogie, Université de Toulouse, 39, allées Jules Guesdes, 31400 Toulouse.

(3) Institut de minéralogie, Université de Liège, 9, place du Vingt août, 4 000 Liège, Belgique

(4) Ecole nationale supérieure de géologie de Nancy, B.P. 42, 54001 Nancy cedex.

(5) Laboratoire de minéralogie-cristallographie de l'Université de Nancy I, E.R.A. C.N.R.S. n° 162, B.P. 239, 54506 Vandœuvre cedex.

(6) P.O. Box 872, Douglas AZ 85607, U.S.A.



Bloc de 20 cm de longueur de lipscombite
(la texture de la vivianite antérieure est conservée)



Phosphate ferrique amorphe aux rayons X
(~ 30 cm de longueur)

Les deux principales phases minérales d'altération
de la vivianite d'Anloua (Cameroun)

près de Yecora, Sonora, Mexique, et dérive de l'oxydation de la tétradymite Bi_2Te_2S tandis que la sidwillite MoO_3. 2 H_2O dérive de la jordisite (MoS_2 amorphe) associée à de la pyrite dans un filon quartzeux du Colorado, U.S.A. ; la détermination de sa structure atomique a permis de mettre en évidence des polyèdres pentacoordonnés de l'ion molybdényle MoO_4^{4+}.

Enfin, une étroite collaboration avec le Laboratoire de minéralogie-cristallographie de l'Université P. et M. Curie (D. Ginderow) a permis d'établir les structures atomiques de deux sélénites d'uranyle : la derriksite $Cu_4 (UO_2) (SeO_3)_2 (OH)_6$ et la demesmaekerite $Pb_2 Cu_5 (SeO_3)_6(UO_2)_2(OH)_6$. 2 H_2O. Ces espèces proviennent du célèbre gisement cupro-cobaltifère de Musonoï, Shaba, Zaïre et avaient été à l'époque étudiées par ce laboratoire et le B.R.G.M. : l'association U-Se avait alors été rencontrée pour la première fois dans un minéral ; ces structures, sont importantes pour la compréhension de la cristallochimie des sélénites d'uranyle.

Références :

GINDEROW D., CESBRON F. (1983) — Structure de la demesmaekerite, $Pb_2CU_5 (SeO_3)_6 (UO_2)_2 (OH)_6 2H_2O$. *Acta Cristallogr.,* C 39, pp. 824-827.

GINDEROW D., CESBRON F. (1983) — Structure de la derriksite, $Cu_4(UO_2) (SeO_3)_2(OH)_6$. *Acta Cristallogr.,* C 39, pp. 1605-1607.

D'autres espèces sont en cours de détermination, certaines en collaboration avec l'École des mines de Paris : un arseniate de calcium et de nickel de Bou-Azzer, Maroc, un chromo-vanadate de plomb de Beresov, Oural et un sulfo-arsénio-antimoniure de cuivre de Huaron, Pérou. Ces études témoignent de la vitalité du B.R.G.M. dans ce secteur de la minéralogie où il a, depuis longtemps, toujours largement tenu sa place.

Recherches sur les techniques minéralurgiques

RS. 1693

Instrumentation adaptée aux minerais sulfurés complexes

Instrumentation of a milling-flotation pilot plant adapted to the complex sulphides ores

M. MORIO
T. CECCHIN
J.-J. BOULARD

Le Département minéralurgie du B.R.G.M. a décidé en 1981, avec l'aide de l'ANVAR ** et du LARA *, de se doter d'un outil pilote capable de prendre en compte certains facteurs primordiaux pour en avoir une maîtrise et un contrôle aussi précis et rigoureux qu'au laboratoire.

— la granularité du minerai après broyage fin, ceci du point de vue d'une part de la stabilité dans le temps, d'autre part de l'obtention d'une courbe granulométrique du produit broyé de pente élevée ;

— le contrôle de nombreux paramètres au cours de la flottation : débits minerais associés aux débits réactifs, pH, Eh, débits d'air... ;

— l'analyse chimique « en continu » des principaux flux sortant de la flottation pour contrôle rapide des résultats ;

— l'obtention de bilans métallurgiques détaillés et fiables ce qui nécessite de nombreux points d'échantillonnage automatique.

La mise en place du matériel lourd et de contrôle s'est déroulée entre septembre 1982 et avril 1983 (broyeurs à barres et à boulets, pompes à écrasement, volumétriques et centrifuges, cyclone, capteurs : débitmètres électromagnétiques pour eau et pulpes, densimètres, vannes pneumatiques, sondes de niveau à ultrasons, régulateur-calculateur).

Ainsi ce circuit de broyage-classification conventionnel comprend 13 capteurs, 7 actionneurs et 7 boucles PID ce qui permet de contrôler les variables de sortie, en particulier la granularité du minerai alimentant la flottation, par la maîtrise des variables de commande (débit minerai tv, densités de pulpe dans les broyeurs et à l'alimentation cyclone, etc.).

Ce circuit pilote, particulièrement adapté aux minerais sulfurés complexes, a une capacité de 250 à 400 kg/h pour un minerai broyé à un d_{80} de 20 μm.

D'autre part, l'implantation de nombreux capteurs sur le circuit flottation également (mesure et régulation pH et Eh, mesures du débit d'air, des débits matières dans les principaux circuits, échantillonnage aux fins de bilan matière de tous les flux, analyse chimique « en continu » des principaux produits sortants) permet de se libérer de nombreuses contraintes propres au travail en pilote et de reporter tous ses efforts sur la mise au point du schéma de traitement (maille de libération, dosage en réactifs, nombre de relavage, broyage des mixtes...).

* LARA : Laboratoire d'automatique et de recherche appliquée, rue du Doyen-Marcel-Roubault, 54501 Vandœuvre Cedex.

** ANVAR : Agence nationale de valorisation de la recherche.

RS. 1694

Amélioration de la perméabilité des minerais aurifères argileux en vue de leur traitement par cyanuration en tas

Henencing penolation rate of clayey gold ores before heap leaching treatment

J. LIBAUDE

Depuis quelques années, le traitement des minerais d'or par cyanuration en tas se développe rapidement. Cette méthode de traitement correspond en effet à des coûts d'investissements et opératoires bien inférieurs à ceux des méthodes conventionnelles, si bien que malgré une récupération des métaux précieux souvent légèrement inférieure, l'économie globale du projet est souvent améliorée.

La cyanuration en tas trouve donc son champ d'application naturel dans les gisements d'or à faibles teneurs ou à faibles réserves, cas où les investissements doivent nécessairement être faibles.

Cependant la cyanuration en tas connaît des limites techniques d'application. Parmi celles-ci, la perméabilité insuffisante présentée par les minerais argileux est un écueil souvent rencontré : les solutions de cyanures qui ne peuvent pénétrer à l'intérieur des tas, ruissellent à sa surface. Le minerai n'est pas attaqué et la récupération de l'or est très faible, voire nulle, même si les meilleures conditions chimiques sont réunies.

La perméabilité de tels minerais peut aujourd'hui être considérablement améliorée, par les techniques de boulettage ou d'agglomération en présence de ciment.

Ces techniques initiées en 1980 à l'U.S. Bureau of Mines ont été reprises sur des minerais d'or très argileux provenant de Guyane (Loulouie), de Côte-d'Ivoire (Ity) et du Ghana (Tarkwa). Ces minerais amoncelés en tas formeraient tous des masses complètement imperméables, s'ils étaient traités tels quels. Après éventuellement un séchage partiel, et un démottage, des échantillons de ces minerais ont été agglomérés ou boulettés à l'aide d'une assiette granulatrice en présence d'une dose de ciment de 5 à 10 kg/t remplaçant la chaux classiquement utilisée en cyanuration. L'ajout d'eau par pulvérisation permet la formation d'aggrégats ou de boulettes. Une fois placée dans une colonne, la masse de minerai ainsi préparée est parfaitement perméable ; les boulettes formées restent poreuses et gardent leur stabilité même après un arrosage prolongé (1 mois).

Des récupérations en or de 80 à 95 % ont été obtenues sur les minerais traités.

Ces techniques, quoique récentes, connaissent déjà des applications industrielles. Le Département minéralurgie a pu acquérir la maîtrise des paramètres essentiels du procédé. Certains projets or du groupe B.R.G.M. seront conduits à l'utiliser pour permettre une cyanuration efficace des minerais. Enfin des projets qui n'avaient pu connaître de développement pour des raisons économiques liées à l'emploi d'un procédé conventionnel, peuvent aujourd'hui être réexaminés grâce à la possibilité de traiter par cyanuration en tas après boulettage. C'est le cas du minerai d'or de Loulouie en Guyane. D'autres gisements anciennement connus, particulièrement ceux des zones tropicales humides, tels que ceux de Côte-d'Ivoire ou du Ghana, sont susceptibles de bénéficier de cet apport technique nouveau pour leur traitement.

RS. 1695

Étude des possibilités d'amélioration de la flottation des minerais sulfurés complexes par le contrôle du potentiel Redox, du pH et du dosage en collecteur

Control eH/pH/collector concentration for the optimization of flotation process in complex sulfide ores treatment

J.-L. CECILE

En dépit de nombreuses recherches et publications, les phénomènes qui régissent la flottation des minerais sulfurés complexes restent mal connus.

Toute méthode d'investigation dans le domaine des intéractions solide/liquide passe par l'étude des paramètres physico-chimiques intervenant dans les réactions entre solide minéral et réactif en solution aqueuse. On peut considérer que le pH, le potentiel Redox et la concentration en réactifs (collecteur, activant, déprimant) sont les principales valeurs à mesurer.

Dans le domaine du traitement des minerais et principalement en flottation, on remarque que parmi ces paramètres seul le pH est en général bien contrôlé. Le potentiel Redox fait actuellement l'objet d'études expérimentales et commence à être suivi industriellement.

Le « savoir-faire » du département dans les mesures physico-chimiques des paramètres caractéristiques de pulpes a été appliqué à la recherche d'une méthode d'optimisation de l'efficacité du procédé de flottation des minerais sulfurés.

L'étude a été effectuée à partir d'un rhéogramme et de conditions expérimentales précises. On a pu en « gelant » tous les autres paramètres abordables, observer l'influence du potentiel Redox, du pH de la pulpe sur la qualité des produits de flottation et les variations consécutives des concentrations en collecteur (amylxanthate de potassium KAX) dans la pulpe en cours de flottation.

Ces études ont permis de montrer pour un minerai à Pb et Zn que dans les conditions d'expérimentation qui ont été retenues, un potentiel oxydant de l'ordre de + 200 mV/ECS favorise la flottation de la blende en déprimant la galène et la pyrite. Au contraire un potentiel réducteur compris entre − 200 et − 500 mV/ECS favorise la flottation de la galène en déprimant la blende et la pyrite.

Le minerai étudié contenait 1,30 % du Pb et 4,08 % de zinc ; avec un schéma simple de traitement discontinu de laboratoire, à l'étape de dégrossissage, la récupération en Pb a augmenté de près de 30 % et celle en zinc de plus de 40 %, par un bon contrôle du Eh.

L'analyse de l'effet des concentrations résiduelles en collecteurs est en cours.

Référence :

CECILE J.-L., DUMAS T., BLOISE R. (1983). — Étude des possibilités d'amélioration de la flottation des minerais sulfurés complexes par contrôle du potentiel d'oxydo-réduction et le dosage de xanthe résiduel : cas du minerai de l'Institut Mekhanobr de Leningrad U.R.S.S. Rapport B.R.G.M. 83 SGN 693 MIN.

RS. 1696

Mise au point du schéma de traitement du minerai d'Échassières (Allier)

Flowshett development of the Échassières ore (Allier - France)

J.-Cl. ROBERT
M. MORIO

Afin d'avoir les données nécessaires à l'élaboration de l'étude de faisabilité pour la mise en exploitation du gisement de Sn, Ta, Nb d'Échassières (Allier), la Compagnie française des mines (Coframines) a demandé au Département minéralurgie du B.R.G.M. d'étudier, à l'échelle pilote, la concentration des minéraux lourds porteurs d'étain, de tantale et de niobium contenus dans des minerais de divers faciès.

Le schéma de traitement mis au point comprend les principales phases suivantes :

— concassage, broyage jusquà 1 mm ;

— broyage humide à d_{80} 300 μm après une phase de dégrossissage sur spirales ;

— déschlammage et concentration gravimétrique sur spirales et tables à secousses.

Une attention particulière a été portée à la récupération des minéraux lourds fins (< 100 μm) par gravimétrie.

Des essais ont été conduits sur tables Bartles et GEC avec des résultats encourageants.

Dans le cas du faciès « granite à albite », les récupérations en Sn et Ta sont de 72 % environ et 65 % en Nb dans un préconcentré gravimétrique titrant 8,9 % Sn, 3,3 % Ta_2O_5 et 2,4 % Nb_2O_5.

Une phase de concentration gravimétrique sur table à secousses permet d'obtenir des concentrés de teneur Sn comprise entre 43 et 57 %, de teneur Ta_2O_5 comprise entre 7,8 et 16,6 %, de teneur Nb_2O_5 comprise entre 6,8 et 11,6 %, avant traitement en séparation magnétique et en électrostatique fournissant les concentrés finaux de cassitérite ($\geqslant$ 70 %) et de tantale-niobium (30 % Ta_2O_5 et 22 % Nb_2O_5).

Tous ces résultats ont servi de base à l'étude de faisabilité qui a été réalisée par Coframines pour le compte du Syndicat d'Échassières. L'usine de traitement a été dimensionnée pour une capacité de 170 000 t/an de minerai tout venant.

Cette mise au point d'un schéma industriel sur le minerai d'Échassières, fait suite à une action VRSS aidée par la D.G.R.S.T. (n° 72-07-0728, 74-07-0815, 74-07-0816, 74-07-0817).

* Coframines.

RS. 1697

Conception de l'usine de traitement de minerai d'or de Poura (Haute-Volta)

Design of the Poura (Upper Volta) gold ore beneficiation plant

E. DE BAKER
P. OLLIVIER *
J.-L. POLGAIRE **
J.-F. THOMASSIN *

Ce gisement a subi une première exploitation de 1959 à 1965 par un procédé de flottation et amalgamation du concentré, avec traitement en Europe des résidus d'amalgamation. La décision de remise en activité ayant été prise en 1980, la question se posait de choisir le procédé en tenant compte de l'expérience passée, du souhait des responsables de ne pas utiliser l'amalgamation pour des raisons d'hygiène, et de la présence de la moitié des réserves dans la partie altérée du gisement. Coframines-B.R.G.M. n'ayant pas suivi leur partenaire Lonrho dans le choix du procédé classique CCD (décantation à contre-courant) pour les raisons ci-dessus, choix fut fait d'une étape de flottation suivie de la cyanuration du concentré (rendement poids 1/100) et de l'adsorption sur charbon actif et désorption-électrolyse. Les études laboratoire et pilote à Orléans ont confirmé l'excellente flottabilité du minerai oxydé. Ceci a amené le Département minéralurgie à étudier l'idée originale de la cyanuration en discontinu (procédé « Batch ») du concentré de flottation qui a l'avantage, pour un produit exceptionnellement riche (1 000 à 2 500 g/t) d'une grande souplesse d'utilisation et de l'assurance d'un traitement sur mesure si nécessaire.

Les études techniques et leur transposition économique ont montré, à l'issue de l'étude de faisabilité par une entreprise d'ingénierie extérieure, tout l'intérêt de cette solution qui donnerait une récupération de 93 % sur un minerai à 14 g/t broyé à d_{80} = 150 μm au rythme de 625 t/jour de tout venant et 6 t/j de concentré.

Référence :

OLLIVIER P., POLGAIRE J.-L. (1982). — Traitement du minerai aurifère de Poura (Haute-Volta). Minerai de la zone oxydée. Rapport B.R.G.M. 82 SGN 001 MIN.

* Soremi, Mine de Poura, Ouagadougou (Haute-Volta).
** Compagnie minière de Dong-Trieu.

Informatisation, modélisation, traitement du signal et de l'image informatique minière

RS. 1698

Modélisation géostatistique du gisement de nickel de Tiebaghi

Geostatistical modelling of the Tiebaghi nickel deposit

J.-P. CHILES

L'estimation géostatistique d'un gisement par krigeage fournit l'estimation optimale des paramètres de la minéralisation (puissance des différentes catégories de minerai, teneurs des différents composants chimiques). Entre deux sondages, l'estimation de krigeage évolue progressivement des caractéristiques du premier sondage à celles du second. Ainsi le krigeage lisse la réalité ; s'il est l'estimateur optimal pour cuber les réserves, il ne peut pas par contre représenter la variabilité du phénomène. Or dans certaines applications comme le choix d'une méthode d'exploitation ou l'optimisation de la méthode de traitement, on s'intéresse plus à la variabilité des caractéristiques du minerai à extraire, aux variations de qualité du minerai d'entrée laverie qu'à leurs valeurs moyennes. Les simulations conditionnelles répondent à cet objectif, en donnant une image de ce à quoi peut ressembler le gisement.

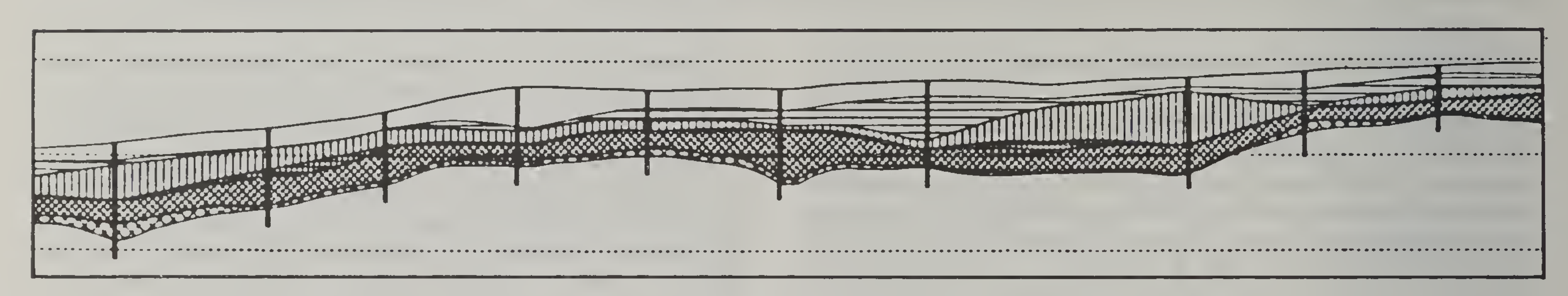
Dans le cas de Tiebaghi, six types de minerai ont été simulés (couverture, trois types de latérites, deux types de garniérites), avec pour chacun d'eux la puissance et les teneurs Ni, Co, Mg, Al. La construction de la simulation est effectuée sur l'ensemble du plateau, à la maille de 6,25 × 6,25 m. Elle est possible grâce à la présence de sondages rapprochés (croix à maille 25 m, doublets de sondages séparés de 5 m) permettant de modéliser correctement les fluctuations à petite distance.

Les méthodes classiques ont été développées, de façon à permettre la simulation cohérente de toutes les variables : respect des variogrammes, des histogrammes, des nuages corrélation, des données.

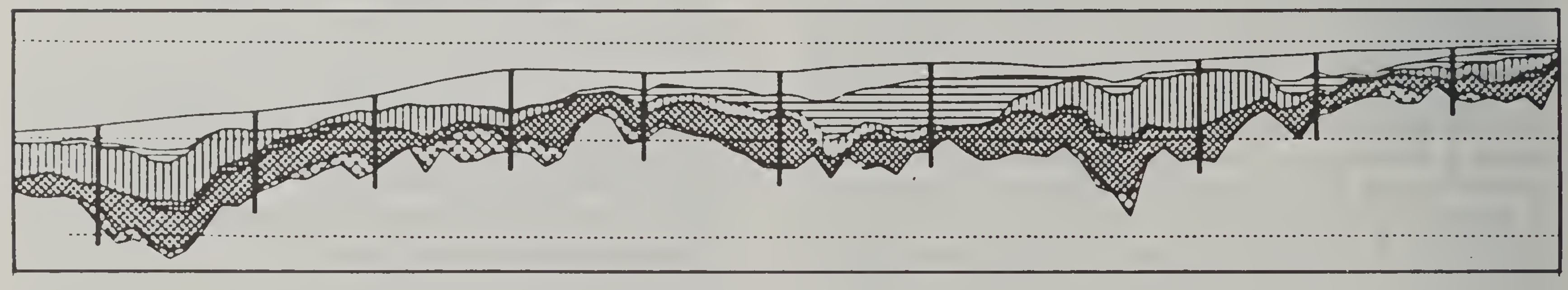
Une même coupe verticale à travers le gisement krigé d'une part, le gisement simulé d'autre part, illustre les résultats obtenus. On note que dans les deux cas le modèle respecte les informations fournies par les sondages.

Référence :

CHILES J.-P. (1984). — Simulation of a nickel deposit : problems encountered and practical solutions ; in Geostatistics for natural characterization, ed. by Verly and al., D. Reidel, Dordrecht, Holland, pp. 1015-1030.



GISEMENT KRIGE



GISEMENT SIMULE

Coupe verticale du gisement krigé et du gisement simulé ; le figuré correspond aux différentes catégories de minerai ; les barres verticales représentent les sondages.

Index auteurs

Index géographique

A. LISTE DES RAPPORTS D'ÉTUDE

Les différentes unités du B.R.G.M. ont rédigé environ 1 000 rapports en 1983. Ces rapports correspondent globalement à des études réalisées dans le cadre de recherches scientifiques, à des mises au point techniques ou à des résultats de contrats passés avec des tiers publics ou privés. Certains rapports, strictement confidentiels ne sont pas mentionnés dans cette liste ; de plus, certains des rapports signalés par une astérisque (*) ne peuvent être consultés qu'après accord préalable de la direction du B.R.G.M.

GÉOLOGIE DE BASE ET CONNAISSANCE RÉGIONALE

Appui à la cartographie géologique et synthèses géologiques régionales

82.JED.OR.015
LE METOUR J., JOHAN V., TEGYEY M. — Relationships between ultramafic-mafic complexes and volcanosedimentary rocks in the precambrian arabian shield. 86 p., 27 ill., 6 CA.

82.JED.OR.042
KEMP J. — Reconnaissance geology of the Jabal al Jaziyah quadrangle 25/38D, Kingdom of Saudi Arabia (open-file report B.R.G.M.-OF-02-42). 73 p., 3 ill., 4 CA.

82.JED.OR.043
KEMP J. — Reconnaissance geology of the Al'ays quadrangle 25/38C, Kingdom of Saudi Arabia. 97 p., 13 ill., 3 CA

83.JED.TR.002
DHELLEMMES R. — Reconnaissance geology of the Al Juthum quadrangle, 24/42 C Kingdom of Saudi Arabia, 17 p. 3 CA.

83.JED.TR.007
KEMP J. — Reconnaissance geology of the Jabal Al Jaziyah Quadrangle, 25/38 D, Kingdom of Saudi Arabia. 73 p., 8 ill., 1 CA.

83.JED.OR.016
DONNOT M., GUERANGE B., HOTTIN A.-M. — Geologic reconnaissance of the Wadi Suwas Area : volcanic rocks at mest Awya Jadmah and Al Hajal. 47 p., 24 ill., 5 CA.

83.JED.OR.017
CALVEZ J.-Y., ALSAC C., DELFOUR J., KEMP J., PELLATON C. — Geologic evolution of Western Central and Eastern Parts of the Northern precambrian shield Kingdom of Saudi Arabia. 42 p., 5 ill., 3 CA.

83.JED.OR.018. — VASLET D., LE NINDRE Y.-M., MANIVIT J., BROSSE J.-M. — 1 : 250.000-Scale geologic map of the Wadi Ar Rayn Quadraarangle technical report. 98 p., 27 ill., 2 CA.

83.JED.OR.040
LE METOUR J., JOHAN V., TEGYEY M. — Geology of the ultramafic-mafic complexes in the Bi'r Tuluhah and Jabal Malhijah Areas. 44 p., 8 ill., 2 CA.

83.JED.TR.005
KEMP J. — Reconnaissance geology of the Jabal Qamar Quadrangle, 25/35 B, Kingdom of Saudi Arabia. 25 p., 2 ill., 2 CA.

83.JED.TR.006
MOTTI E., TEIXIDO L., VAZQUEZ, LOPEZ R., VIAL A. — Maqna. Massif Area, geology and mineralisation. 35 p., 7 ill., 1 CA.

83.JED.TR.008
KEMP J. — Reconnaissance geology of the Al'ays Quadrangle 25/38 C, Kingdom of Saudi Arabia. 100 p., 10 ill., 1 CA.

83.MAS.001
COLLECTIF B.R.G.M. — Yearly progress report. Mapping and preliminary prospecting programme. 118 p., 64 ill., 11 CA.

83.SGN.002.GEO
FOURNIGUET J. — Carte à 1/250 000 d'Arabie Saoudite. Feuille de Al Faydah. Formations Quaternaires. Rapport technique.

83.SGN.075.GEO
WYNS R. et LE METOUR J. — Le Précambrien du Massif Vendéen. Étude détaillée de deux coupes de référence (coupe de l'Evre et coupe de la Divatte) et synthèse des données récentes.

83.SGN.201.GEO
DELPONT G. — Photogéologie et télédétection sur les permis miniers de Calcidiqui et de Thrace (Grèce du Nord).

83.SGN.254.GEO
CHEVREMONT Ph. et LEMIERE B. — Étude pétrographique et pétrostructurale du Massif granitique d'Entraygues (Aveyron).

83.SGN.255.GEO.
CHEVREMONT Ph., DUTARTRE P., GROS Y. et LEMIÈRE B. — Avril 1983. Étude géologique et structurale du massif granitique de Veinazes (Cantal).

83.SGN.257.GEO
DELFOUR J., DUTARTRE P., LEMIÈRE B. et MARTIN P. — Étude géologique et structurale du massif granitique de Neuvy-Bouin (Deux-Sèvres).

83.SGN.274.GEO
DUTARTRE P. et GROS Y. — Étude de la fracturation du massif granitique d'Entraygues (Aveyron) dans les zones sélectionnées lors de la pré-étude géologique.

83.SGN.283.GEO
SCANVIC J.-Y. — Étude par photographie aérienne du tracé du chemin de fer transcongolais. Tronçon Boué-Beninga.

83.SGN.297.GEO
WYNS R. (B.R.G.M.), DUCREUX J.-L. (S.N.E.A.(P.). — Université de Lyon 1. Confidentiel. L'Éocène inférieur de Brie et de Champagne (Bassin de Paris). Synthèse paléogéographique et stratigraphique.

83.GEO.363.GEO
KING C. — Étude de la contribution de la télédétection à l'identification de la nature des formations superficielles et à la caractérisation de phénomènes hydriques. Rapport d'avancement.

83.SGN.394.GEO
DELPONT G. — Étude lithostructurale des hauts plateaux algériens et de leurs bordures par la télédétection.

83.SGN.397.GEO
LEMIÈRE B. avec la collaboration de CHEVREMONT P., DEBEGLIA N., DUTARTRE P., GROS Y. et MERCIER F. — Le massif granitique de Veinazes (Cantal). Synthèse géologique en vue de la recherche d'un site de forage de reconnaissance.

83.SGN.404.GEO
LEMIÈRE B. avec la collaboration de CHEVREMONT P., DEBEGLIA N., DUTARTRE P., GROS Y. et MERCIER F. — Le massif granitique d'Entraygues (Aveyron). Synthèse géologique en vue de la recherche d'un site de forage de reconnaissance.

83.SGN.405.GEO
LEMIÈRE B. avec la collaboration de DEBEGLIA N., DELFOUR J., DUTARTRE P., MERCIER F., MARTIN P. — Le massif granitique de Neuvy-Bouin (Deux-Sèvres). Synthèse géologique en vue de la recherche d'un site de forage de reconnaissance.

83.SGN.438.GEO
WYNS R. — Cartographie géologique détaillée de la formation métavolcanique de Beaupréau (Précambrien des Mauges) dans le périmètre du P.E.R. de Gesté (Maine-et-Loire).

83.SGN.420.GEO
BROSSE J.-M. — Commentaires sur l'étude photogéologique dans le Sud-Est des red sea hills (Soudan).

83.SGN.624.GEO
MOTTI E., LE LANN F. — Évaluation des profondeurs marines de la marge littorale saoudienne de la mer rouge entre Yambu Al Bahr et Jeddah.

83.SGN.695.GEO
CHÈVREMONT Ph. avec la collaboration d'AUTRAN A. — Les granitoïdes du Massif Central.

83.SGN.752.GEO
BONIJOLY D. et FREDET J.-M. — Tectonique et sédimentation triasiques dans le Bassin Mésozoïque d'Alès (Gard).

83.SGN.785.GEO
BROSSE J.-M. — Interprétation morpholithologique et structurale des images spatiales du Sultanat d'Oman.

83.SGN.824.GEO
FAVARD J.-C. (C.N.E.S.), SCANVIC J.-Y. (B.R.G.M.). — Groenland. Rapport final.

Géologie profonde de la France

83.SGN.343.MAR
BOUYSSE P. — Commission cordet. Projet de reconnaissance géophysique sur Grande-Terre de Guadeloupe en vue de l'implantation d'un forage profond. Phase I : compilation et synthèse des données géologiques et géophysiques existantes sur les îles calcaires de l'archipel de la Guadeloupe. 24 p., 3 ill., 13 CA.

Géodynamique

82.SGN.912.MAR
BOUYSSE P., GUENNOC P. — Données sur la structure de l'arc insulaire des Petites Antilles, entre Ste-Lucie et Anguilla. 28 p., 9 ill., 4 CA.

Diagenèse, sédimentologie et techniques géologiques

83.JED.OR.005
LENINDRE Y.-M., VASLET D., MANIVIT J. — Sedimentary evolution of Saudi Arabian Jurassic (Toarcian - Upper Oxfordian) deposits in outcrop between latitudes 24 degrees N. and 22 degrees N. 33 p., 8 ill., 2 CA.

83.SGN.007.ALS
DAESSLE M. — Synthèse documentaire sur la grande oolithe dans le département du Haut-Rhin. 28 p., 1 ill., 5 CA.

81.SGN.438.NPC
QUELENNEC R. — Mission d'évaluation des problèmes sédimentologiques de l'estuaire de la Slack à Ambleteuse (Pas-de-Calais). 31 p., 3 CA.

83.SGN.481.GEO
GREBER Ch., PRIMEY D. (juillet 1983). — Étude paleobotanique des sondages Faulquemont C 2, Faulquemont C 3, Saint-Léonard SL 4. Houillères du bassin de Lorraine. Siège de Faulquemont.

83.SGN.633.GEO
FARJANEL G., FAUCONNIER D. (septembre 1983). — Étude palynologique des sondages Faulquemont C 2, Faulquemont C 3, Saint-Léonard 4. Secteur de Faulquemont. Houillères du bassin de Lorraine.

Bases et banques de données

83.JED.DF.001
COLLECTIF, B.R.G.M. — B.R.G.M. data files prepared during the first quarter 1403. 40 p.

83.JED.OR.055
AL SATI R., QUINET P., SALPETEUR I. — Indexes to geochemical programs of the B.R.G.M. 1966-1983 (First Edition) Rajab 1403 april 1983. 55 p., 6 CA.

82.SGN.1032.DOC
NAIL C. — Technical cooperation for the development of a geological information centre at E.G.S.M.A. (Egyptian geological survey and Mining Authority) : preliminary phase, mission SGN/DOC at Cairo November the 3RD till December the 1st. 14 p., 2 ill.

83.SGN.203.MAR
DELBOS R., LENOTRE N. — La banque de données de géologie marine : possibilités d'interrogation. 6 p., 5 CA.

83.SGN.247.DIG
LEPRÊTRE J.-P. — Éléments statistiques sur la documentation factuelle disponible dans le S.G.R. et en banque des données du sous-sol. 14 p., 1 CA.

83.SGN.542.GEO
LAVILLE P. — Cartres géologiques modulables et base de données associées. Application à une commune viticole.

Diffusion et valorisation des connaissances

83.JED.OR.012
GAMA E.-M. — B.R.G.M. Saudi Arabian mission reports and publications to the end for 1402 A.H. 111 p.

82.SGN.213.EV
DUMORT J.-C. — Les éditions au bureau de recherches géologiques et minières. 15 p.

83.SGN.265.MPY
BONNART J.-M. GALHARAGUE J., ASTRUC J.-G., TERNET Y. — Valorisation géotechnique des cartes géologiques. Application aux feuilles de Campan (Htes-Pyrénées) et de Puy-l'Évêque (Lot). 27 p., 4 ill., 2 CA.

83.SGN.849.GEO
CAO T.-T. — Vers une cartographie décisionnelle.

MATIÈRES PREMIÈRES MINÉRALES

Sulfures polymétalliques et hydrothermalisme sous-marin

82.JED.OR.021
BROSSET R., GUÉRANGE B., TESTARD J., VAILLANT F.-X. — The umm ad Dabah prospect progress report 1979-1980. 40 p., 14 ill., 8 CA.

82.JED.OR.023
TESTARD J. — Knaiguiyah prospect second Cored Drilling Program (1978-1979) Drill-Holes KNC 1 to KNC 17. 14 p., 17 ill., 3 CA.

83.JED.OR.001
ELSASS P., ACHARD D. — Prospecting in the ar Ridaniyah-Al Hasraj Area (1979) (open-file report B.R.G.M.-OF-03-1). 19 p., 18 ill., 6 CA.

83.JED.OR.008
PREVOT J.-C. — Knaiguiyah : results and interpretation of the 1400-1401 Drilling Program. 53 p., 26 ill., 11 CA.

83.JED.OR.009
TESTARD J. — Khnaiguiyah ; A synsedimentary hydrothermal deposit comprising Cu-Zn-Fe sulfides and Fe oxides in an Ignimbritic Setting. 100 p., 32 ill., 2 CA.

83.JED.OR.011
ELSASS P., BRETON J.-P., LABBE J.-F., SABIR H., VAILLANT F.-X. — The Sha'ib Lamisah Prospect Field Work 1400-1402 A.H. (1980-1982 A.D.). 40 p., 30 ill., 4 CA.

83.JED.OR.015
POUIT G., SABIR H. — Gitology of the Al'masani massive sulfide deposit (preliminary report) (Open-File Report B.R.G.M.-OF-03-15). 19 p., 9 ill., 2 CA.

83.JED.OR.020
ELSASS P., MILESI J.-P., CORP J.-C., VAILLANT F.-X. — Ad Duwayah prospect progress report on 1401/02 Fieldwork. 25 p., 15 ill., 6 CA.

83.JED.OR.026
FELENC J. — Microgranitic sills, volcanic apophyses and carbonatization as an ore-forming process (Au, Ag, Zn, Ba) in the Al'amar Belt (Open-File Report B.R.G.M.-OF-03-26). 29 p., 6 ill., 1 CA.

83.JED.OR.030
BARBIER J. — Arid environment geochemical exploration in Saudi Arabia (Open-File Report B.R.G.M.-OF-03-30). 40 p., 6 ill. 6 CA.

83.JED.OR.031
BARBIER J. — Geochemical prospecting in the Sidriyah Area Al'amar Belt. 11 p., 4 ill., 3 CA.

83.JED.OR.034
CARTIER A. — The Al'aqiq Barite Prospect. 45 p., 11 ill., 5 CA.

83.JED.OR.037
BARBIER J., PFLAUM J. — Geochemical prospecting in wadi sediments and soils in the Sha'ib Lamis Ah Prospect Area. 10 p., 3 ill., 2 CA.

83.JED.OR.042
CARTIER A. — Geochemical prospecting around the 'Ablah Mine. 19 p., 7 ill., 2 CA.

83.JED.OR.044
WOLDEABZGHI T., PREVOT J.-C. — Mineral exploration of the Wadi Sidara Prospect. 24 p., 7 ill., 7 CA.

83.JED.OR.059
SUSTRAC J. — Tentative geologic correlation in the Zarghat-Jabal Sa'id Area. 24 p., 2 ill., 2 CA.

83.JED.OR.062
ELSASS P., MILESI J.-P., POUIT G. — Geologic and volcanologic features of the Zn-Cu-Ag-Au Al Masani' Deposit. 26 p., 9 ill., 2 CA.

83.JED.TR.001
SMITH C.-W., WATERS B.-C., NAQVI M., WORL R.-G., HELABY A.-M., FLANIGAN V.-J., SAD Ek.H., SAMATER R.-M. — Geological and geochemical studies in the Wadi Badah District, Kingdom of Saudi Arabia. 89 p., 12 ill., 7 CA.

83.LIB.003
HUSSON Y., KASA-MOMBO C., CHOUTIER J.-P. — Geologie et prospection pour or sur le permis G 4 - 104 Eteke (Gabon) Campagne 1982. 61 p., 33 ill., 11 CA.

80.RDM.042.AF
N'GUYEN V.-H., OLLANDO V. — Mission E.M. Côte-d'Ivoire. Travaux de terrain 1980-81. 944 p., 214 ill., 28 CA.

82.RDM.029.AF
LARRIBE D. — République de Haute-Volta. Syndicat de recherches « Or Diouga » rapport de fin de Campagne 1982. Étude des potentialités aurifères du district de Diouga-Gangaol. 60 p., 44 ill., 7 CA.

82.RDM.049.AF
DAMANGO G., LAMOUILLE B. — Prospection aurifère dans la région de Kangaba (permis Kenieba-Kangaba) (Mali) Campagne 1982. 122 p., 48 ill., 48 CA.

82.RDM.057.FE
POUIT G. — Recherche amas sulfures Chypre : mission novembre 1982. 8 p., 2 ill., 2 CA.

83.RDM.002.PA
POUIT G. — Les amas sulfurés dans les Jebilets : mission au Maroc (décembre 1982). 20 p., 3 ill., 2 CA.

83.RDM.006.FE
ALLON A. — Inventaire du territoire métropolitain. Les minéralisations à plomb-zinc-cuivre-argent de la Haie-Claire (Maine-et-Loire). 21 p., 23 ill., 9 CA.

83.RDM.014.FE
BOIS J.-P. — Inventaire du territoire métropolitain, les minéralisations Zn-Pb de la concession de Pierrefitte. Le prospect de Banciole (Htes-Pyrénées). 16 p., 35 ill., 4 CA.

83.RDM.018.FE
KERJEAN M., GORICHON A. — Syndicat Lanfains (Côtes-du-Nord). Point des travaux au 31 mars 1983. 29 p., 12 CA.

83.RDM.035.AF
MATHEUS P. — Indices de scheelite et d'or de la région de Sabodala-Falombo (Sénégal Oriental). Bilan des travaux de prospection et principaux résultats obtenus. 17 p., 15 ill., 8 CA.

83.RDM.039.FE
KERJEAN M. — Compte rendu de mission en Toscane Méridionale aspects gitologiques et miniers. 18 p., 2 ill.

83.RDM.046.PA
GROS Y., MILESI J.-P. — Coopération bilatérale. Zone des Jebillets (Maroc). Étude des principaux facteurs contrôlant les minéralisations sulfurées : stratigraphie, volcanisme, déformations et structures des gîtes. 74 p., 26 ill., 2 CA.

83.RDM.051.PA
FELENC J. — Coopération bilatérale. Zone de Jebilets (Maroc). Synthèse et conclusions de la phase de documentation et de reconnaissance (novembre 1982-mars 1983). 47 p., 2 ill., 4 CA.

82.SGN.675.GMX
MILESI J.-P. — Inventaire gitologique (préliminaire) des principaux indices de Pb-Zn des monts Est de Lacaune (Aveyron). 70 p., 5 ill., 5 CA.

82.SGN.676.GMX
LULIN J.-M. — Étude de la mine de Brusque (Pb, Zn) et prospection de ses extensions monts de l'Est de Lacaune (Aveyron). 49 p., 17 ill., 2 CA.

82.SGN.840.GMX
DONNOT M., FOURNIER B., LULIN J.-L., MILESI J.-P., POUIT G. — Les minéralisations polymétalliques Cu-Pb-Zn du Paléozoïque français : synthèse des résultats et travaux effectués dans les Pyrénées et les monts à l'Est de Lacaune (Aveyron). 92 p., 12 ill., 4 CA.

83.SGN.130.GMX
AYE F. — Chessy-les-Mines (Rhône), état des connaissances au 01-05-1983 coupes interprétatives prévisionnelles du gisement (sondages CHY 1 à CHY 15) synthèse. 25 p., 27 ill., 4 CA.

83.SGN.160.GMX
BONNEMAISON M. — Premiers résultats de l'étude des quartz aurifères de l'Afrique de l'Ouest. 35 p.

83.SGN.202.MAR
COLLECTIF, B.R.G.M. — Minéralogie des sédiments métallifères de la Mer Rouge (fosse Atlantis II) : résumé des principaux résultats. 10 p.

83.SGN.302.GMX
ELSASS P. — Permis de Scrignac (Finistère) cartographie détaillée de la zone Scrignac-Le Poivre. 8 p., 1 ill., 4 CA.

83.SGN.580.GMX
AYE F., KERJEAN M., LAVILLE L. — Permis de Lanfains, Uzel et Scrignac (Côtes-du-Nord et Finistère). Cartographie de détail et études de sondages de plusieurs prospects. Synthèse et propositions pour la poursuite des recherches. 17 p., 6 ill., 5 CA.

83.SGN.718.GMX
POUIT G. — La Province exhalative sédimentaire du Paléozoïque des Pyrénées. Réflexion générale et résultats de la Mission 1983. 12 p., 1 CA.

83.SGN.779.GMX
LAVILLE, TIMSIT L. — Géochimie et minéralogie de l'anomalie zincifère de Kerouaran (Sud de Porte-aux-Moines, Côtes-du-Nord). Définition de son origine et conséquences en termes de prospection minière. 13 p., 9 ill., 3 CA.

82.SUD.001
de BRETIZEL P., ABDEL, GADER, SALIM, THIERRY P. — Red sea hills mining joint-venture 1981-82 Campaign. Gold in the Ariab Basin (Ganaet, Kamoeb, Derbaikwan, Gurad). 46 p., 23 ill., 6 CA.

Minéralisations liées aux granitoïdes : hydrothermalisme continental

83.JED.OR.004
BARBIER J., DONZEAU M., VASQUEZ, LOPEZ R., VIALLEFOND L. — Rock geochemistry in the Wadi Shwas Area the Al Hajal, Siqam as Swan, shabat as Suqah and Jadmah prospects. 60 p., 7 ill., 5 CA.

83.JED.OR.014
SABIR N. — Ore mineralogy of the ad Duwayah gold prospect. 12 p., 1 CA.

83.JED.OR.021
FELENC J. — Mineral exploration in the Marjan prospect. 45 p., 5 ill., 6 CA.

83.JED.OR.043
FELENC J., WOLDEABZGHI T., VAILLANT F. — Mineral exploration in the Umm Ad Dabah prospect. 48 p., 7 ill., 6 CA.

83.KIN.001
TOURLIÈRE B., TALABARD A. — Mission Haut-Zaïre 1982. Prospection des formations aurifères du Gangue de la région de Matundu. 20 p., 1 ill., 14 CA.

83.KIN.002
FOURNIER M., LE BARS P. — S.E.R.E.M.I. Mission Ètain « haute-Luizi » (Zaïre) Campagne 1982. 27 p., 61 ill., 26 CA.

83.LIB.002
URIEN P., SIMA, NDONG J.-B. — Syndicat Kroussou (État Gabonais, B.R.G.M., Comilog). Recherche de barytine près du contact socle-crétacé de la région de Lambarène (Gabon) Campagne 1982. 21 p., 1 ill., 15 CA.

82.RDM.023.AF
ANGEL J.-M., BARTHÉLEMY F., ENOUF C., MAGNIEN A.-P., SEMPÈRE T. — Mission uranium Nord Cameroun 1981-82. Prospection tactique du permis de Teubang. Prospection stratégique dans les départements du Margui-Wandala, du Diamare, de la Benoue et de l'Adamaoua. 94 p., 9 ill., 45 CA.

82.RDM.039.AF
COMBES A., KOALA F., OUEDRAOGO G. — Permis Volta-Noire (Hte-Volta) ; prospection or 1982. 92 p., 188 ill., 43 CA.

82.RDM.040.AF
VAIRON J., KABRE C. — Syndicat de recherches de Bouroum. Ètude géologique et minière du permis de Bouroum (Hte-Volta). Travaux de reconnaissance sur les filons de quartz aurifère F 2, F 50, Tanwoko et F 12-F 13 (secteur Nord). 15 p., 57 ill., 11 CA.

82.RDM.046.AF
TREHIN J.-L. — Prospection Cassiterite Kalimbi (Zaïre) Campagne 1981-1982. 36 p., 18 ill., 9 CA.

82.RDM.048.AF
COTTARD F., DOMMANGET A., KEITA M. — Prospection aurifère dans la région de Kenieba (permis Kenieba-Kangaba) (Mali) : Campagne 1981-1982. 73 p., 68 ill., 16 CA.

82.RDM.060.FE
CALLIER L., HOTTIN A.-M. — Bilan des données sur le complexe porphyrique à molybdène du P.E.R. de Beauvain (Orne) 1re et 2e campagnes de sondages. 59 p., 16 ill., 1 CA.

83.RDM.005.FE
BONNICI J.-P. — Inventaire du territoire métropolitain. Les minéralisations à plomb-zinc-argent de Saint-Fiacre en Melrand (Morbihan). 10 p., 10 ill., 5 CA.

83.RDM.007.AF
DELILLE J.-C. — Compte rendu de mission au Rwanda. 19 p., 3 ill., 3 CA.

83.RDM.008.AF
DELILLE J.-C. — Compte rendu de mission au Burundi. 11 p., 2 ill., 2 CA.

83.RDM.013.FE
COULOMBEAU C., ESCANDE J.-C. — Inventaire du territoire métropolitain. Étude et travaux de reconnaissance des indices de scheelite et cassiterite de Soultzbach-les-Bains (Ht-Rhin). 22 p., 6 ill., 5 CA.

83.RDM.019.FE
ALLON A., BROSSET R. — Inventaire du territoire métropolitain. Les minéralisations tungstifères de l'Échasserie (Maine-et-Loire). État des connaissances au 30.04.1983. 23 p., 18 ill., 15 CA.

83.RDM.023.FE
CEAUX J.-L., de VAUCORBEIL H. — Inventaire du territoire métropolitain. Recherche de l'extension Sud du filon des Farges. Le gîte du Monteil d'Entraigues-Badour : barytine, plomb, argent, commune de Saint-Exupéry (Corrèze) 1980-82. 18 p., 8 ill., 10 CA.

83.RDM.024.FE
GELAS M., de VAUCORBEIL H. — Inventaire du territoire métropolitain. Découverte et prospection du gîte d'antimoine de Bosredon, commune de Bussière-Galant (Hte-Vienne). 16 p., 6 ill., 6 CA.

83.RDM.025.FE
AMBLARD J.-L., DEGAY J.-C., de VAUCORBEIL H. — Inventaire du territoire métropolitain. Découverte et prospection du gîte de tungstène de Pinardeau - Pierre Bergère (Charente) 1980-1982. 42 p., 44 ill., 15 CA.

83.RDM.026.FE
CHAMBOLLE P. — Coto Carbonell (Espagne). Résultats de la Campagne 1982. Division minière Sud-Ouest. 23 p., 7 ill., 7 CA.

83.RDM.032.PA
CHRISTMANN P., LESCUYER J.-L., AL JANAD Y., AL MUFLIHI Y., SHARIF AD DIN A. — Yemen Arab Republic, Yominco. Al Bayda. Marib project, detailled. Prospecting. 1981-1982 Campaign. 300 p., 50 ill., 45 CA.

83.RDM.034.PA
BURNOL L. — Compte rendu ee mission en Arabie Saoudite (12 au 26 mai 1983). 9 p.

83.RDM.055.FE
JEBRAK M. — Inventaire du territoire métropolitain : la structure à fluorine de Langenberg (Haut-Rhin), synthèse des travaux. 7 p., 9 ill., 2 CA.

83.SGN.237.GPH
MILLON R. — L'anomalie aéromagnétique de Salsigne (Aude) un guide de prospection. 6 p., 10 CA.

83.SGN.446.GTH
ROCHER P. — Étude de la distribution des minéralisations hydrothermales rencontrées dans les forages géothermiques aux Açores (Sao-Miguel) et à Djibouti (Asal). Applications géothermiques. 42 p., 9 ill., 4 CA.

83.SGN.771.GPH
FAVIN H., MILLON R. — Campagne de sondages électriques sur la coupe d'Échassières (Allier). 7 p., 9 ill., 1 CA.

Gîtes de couverture

82.JED.OR.040
HUTIN G. — Prospecting for phosphate in the Harrat Hadan Area (open-file report B.R.G.M.-/F-02-40). 13 p., 17 ill., 3 CA.

83.JED.OR.010
HUTIN G. — Assessment of the phosphate potential of the carbonate unit of the proterozoic Jibalah Group (open-file report B.R.G.M.-OF-03-10). 20 p., 4 CA.

83.JED.OR.022
LAGNY P. — Reconnaissance mineral exploration of Hanifa formation Limestone east of Jizan (open-file report B.R.G.M.-OF-03-22). 22 p., 7 ill., 3 CA.

83.JED.OR.032
VIAL A., GLINTZBOECKEL C., AL SATI R. — Phosphate prospecting in the upper cretaceous, eocene and miocene of the Red Sea Coastal zone (1980-1981) (open-file report B.R.G.M.-OF-03-32). 36 p., 7 ill., 6 CA.

83.JED.TR.004
VIAL A., GLINTZBOECKEL C., ANDRIANTSALAMA C., AL SATI R. — Phosphate investigation in the eastern province of the Kingdom of Saudi Arabia. 59 p., 9 ill., 6 CA.

82.RDM.062.FE
COUMOUL A., AUBAGUE M. — Recherches de minéralisations Pb-Zn sur les concessions du CIM du Nord - Alès (Gard). Point des travaux au 30 juin 1982. 24 p., 33 ill., 9 CA.

83.RDM.003.PA
LAGNY P. — Coopération O.N.M.-B.R.G.M. Rapport sur la mission effectuée du 29-11 au 11-12-82 dans la partie occidentale de la « zone des Dômes » (Tunisie). Feuilles à 1/50 000 Le Kef et Ouargha. 17 p., 4 ill., 1 CA.

83.RDM.004.PA
MONTHEL J. — Compte rendu de mission en Tunisie (du 15-11 au 17-12-1982). 9 p., 7 ill., 3 CA.

83.RDM.012.PA
GROS Y., LAGNY P., LENINDRE Y.-M., SUREAU J.-F. — Le district Pb-Zn de la chaîne des Horsts (Maroc Oriental). Présentation des gisements. Évolution paléogéographique et paléostructurale. Aperçu sur la diagenèse et les minéralisations. Premier bilan et ébauche d'un programme pluriannuel de recherches méthodologiques. 20 p., 6 ill., 7 CA.

83.RDM.017.PA
VILAND J.-C., CORPEL J., DEBEGLIA N., GUILLEN A., DELPONT G. — Étude gitologique. Phase 1. Les minéralisations de plomb et de zinc de la partie nord-ouest de l'Algérie et leur contexte géologique et structural (zone tellienne exceptée). 129 p., 49 ill., 208 CA.

83.RDM.037.PA
MONTHEL J. — Inventaire gitologique de la feuille à 1/50 000 Tadjerouine. Étude du Jebel Slata (zone des Dômes), Tunisie. 13 p., 7 ill., 3 CA.

83.RDM.052.PA
LAGNY P. — Les indices Pb-Zn de la bordure sud-ouest du Thibar (Atlas Tunisien) dans la couverture crétacée et au contact trias. Examen des travaux de prospection de l'O.N.M. (division minière du Sud-Ouest) avis sur la poursuite des recherches. 9 p., 1 CA.

83.RDM.063.PA
MONTHEL J., MIADI F., BOUALLAGUI Y. — Inventaire gitologique de l'extrémité SW de la « zone des Dômes ». Feuilles topographiques à 1/50 000 Gambetta - Jebel Ouenza et Bou Khadra (Tunisie). 7 p., 4 CA.

82.SGN.948.AQI
LE POCHAT G., KARNAY G. — Synthèse géologique du gisement de sel d'Urcuit (Pyrénées-Atlantiques) : apport de l'interprétation de deux sondages de reconnaissance. 9 p., 8 ill., 6 CA.

83.SGN.168.MGA
OUSTRIÈRE P., PILLARD F., LETTERMANN M. — Étude de la phosphatogenèse à fer ferreux et fer ferrique. Les cas des vivianites. 18 p., 8 ill., 1 CA.

83.SGN.307.GEO
SLANSKY M. — Géologie du gisement de l'office Togolais des phosphates.

83.SGN.401.GEO
LAVILLE P. — Confidentiel. Étude des textures de la formation bauxitique du gisement d'Olmedo (Sardaigne).

83.SGN.590.GMX
SUSTRAC G., BAUDET G. — Compte rendu de la première mission en Turquie dans la cadre du contrat engrais Sema. Sujets phosphates et soufre. 169 p., 21 ill., 2 CA.

83.SGN.668.AQI
KARNAY C., LE POCHAT G. — Société industrielle et salines de Bayonne. Synthèse géologique du gisement de sel d'Urcuit (Pyrénées-Atlantiques). Apport de l'interprétation d'une campagne de sondages à faible profondeur. 6 p., 1 ill., 1 CA.

83.SGN.778.GMX
LESCUYER J.-L. — Le jurassique de l'Arabie méridionale et de la Corne de l'Afrique. Essai de synthèse paléogéographique et de gitologie prévisionnelle. 13 p., 2 ill., 5 CA.

83.SGN.784.GEO
SLANSKY M. — Interpretacion de los indicios de fosfato encontrados en Uruguay. Recomendaciones para un programa de trabajo.

83.SGN.850.GEO
BOUJO A., GIOT D., MONCIARDINI Ch., ROBELIN Ch., ROGER J., VINCHON Ch. — Caractères sédimentologiques et diagénétiques de la série phosphatée de Bofal-Loubboïra (Mauritanie Méridionale - Région du Fleuve Sénégal). Inventaire et étude des composants phosphatés.

84.SGN.006.GMX
SUSTRAC G. — Phosphates de Tahoua. Tournée au Niger mars 1983. Élaboration d'une proposition de prospection. 72 p., 8 ill., 2 CA.

Minéralisations liées aux roches basiques et ultra-basiques

82.JED.OR.005
CHEVREMONT P., JOHAN Z. — The Al'ays ophiolitic complex. 62 p., 11 ill., 4 CA.

83.JED.OR.003
CHEVREMONT P., VAILLANT F.-X. — Mineral investigation for chromite and gold related to the Al'ays Ultra Mafic Complex. 66 p., 41 ill., 13 CA.

82.RDM.041.AF
BEAUFILS G., KAMCHE H.
Le gisement de fer des Mamelles. Kribi, Cameroun. Résultats de la Campagne de sondages de 1982 et synthèse des connaissances sur le gisement. 31 p., 27 ill., 3 CA.

82.RDM.052.AF
VERHAEGHE P., NGUYEN V.-H., AYME Y., MADELAINE B., OLLANDO V. — Mission E.M. Cote-d'Ivoire 1982. Contrôle d'anomalies input et d'indices aurifères phase II. Volume I. Secteur de Toulepleu. 140 p., 140 ill., 15 CA.

83.RDM.010.FE
GAUTSCH J.-P. — Rapport de synthèse sur la coopération franco-chypriote « méthodologie de prospection des gisements de chromite ». 48 p., 9 ill., 4 CA.

83.RDM.045.AF
MICHEL J.-C. — Résultats de la Campagne effectuée de novembre 1982 à juillet 1983 pour le Syndicat Diamant Mali. 38 p., 46 ill., 3 CA.

Matériaux

83.JED.OR.019
SPENCER C.-H., ODENT B. — Further prospecting for industrial minerals in the Tabuk Region. 83 p., 33 ill., 12 CA.

83.JED.OR.028
ODENT B.-E., CHEVREL S. — Prospecting for reconstituted. Stone material in the Al Hanakiyah Marble (open-file report B.R.G.M.-OF-03-28). 17 p., 6 CA.

83.JED.OR.029
ROGER J., AL NAKHEBI Z.A. — Reconnaissance for industrial minerals in the Al Jawf Region (open-file report B.R.G.M.-OF-03-29). 113 p., 7 ill., 6 CA.

83.JED.OR.035
ODENT B., VINCENT P.-L., FOURNIGUET J., GIOT D., SPENCER C.-H. — Aggregate search in the eastern province (part I) two potential resource areas revealed. 41 p., 15 ill., 2 CA.

83.JED.OR.038
LE BERRE P., ODENT B.-E. — Aggregate production in the Jiddah Region. 28 p., 15 ill., 2 CA.

83.JED.OR.039
SPENCER C.-H., CARTIER A., BARAKAT T.-K. — Prospecting for industrial minerals in the Ha'il Region. 82 p., 23 ill., 10 CA.

83.JED.OR.041
ODENT B.-E., SPENCER C.-H. — Aggregate production in the Dhahran Region. 29 p., 12 ill., 3 CA.

83.JED.OR.045
LAURENT D., AL NAKHEBI Z.-A. — Raw materials for a cement plant in the Duba Area. 39 p., 9 CA.

79.SGN.577.GMX
BERTON Y., PRIMEL L. — Méthodologie des études de ressources en granulats. 59 p., 13 ill.

82.SGN.036.AQI
BERNARD D., BOTH J., FRAGONARD I., ABRIVARD J.-L., GUERIN P., FAMECHON C. — Ressources en granulats dans la vallée de l'Adour dans le département des Landes. 79 p., 113 ill., 14 CA.

82.SGN.205.GMX
GRES M. — Recherche de gisements de calcaires à ciment entre Loudima et Loutete (République Populaire du Congo). 13 p., 7 ill., 3 CA.

82.SGN.606.GMX
GRES M. — Memento substances utiles carbonates et sulfates de soude. 6 p., 7 ill.

82.SGN.878.CEN
CHEVREL S., MAILLARD P. — Département du Loir-et-Cher : inventaire des matériaux alluvionnaires du Val de Loire (Val de Suèvres). 46 p., 93 ill., 11 CA.

82.SGN.900.AQI
DUBREUILH J. — Inventaire des ressources du sous-sol du canton du Buisson de Cadouin (Dordogne) : recherches sur le mode de gisement des argiles de type kaolinite-halloysite. 20 p., 1 ill., 2 CA.

82.SGN.952.GMX
ROZES B. — Détermination de coefficients techniques et ratios de consommation dans le domaine des matériaux de carrière. 58 p.

82.SGN.959.AUV
COLLECTIF B.R.G.M. — Étude des matériaux de substitution aux matériaux alluvionnaires de l'Allier (lit de la rivière). 72 p., 20 ill., 9 CA.

83.SGN.052.CEN
CHEVREL S., MAILLARD P. — Département du Loiret, inventaire des matériaux alluvionnaires du Val de Loire en aval d'Orléans. 42 p., 97 ill., 13 CA.

83.SGN.053.GMX
LE BERRE P. — Recherche d'indices de bentonite et illite dans le Massif Central. Étude préliminaire. 38 p., 8 ill., 12 CA.

83.SGN.078.GMX
GRES M. — Les amendements minéraux. 37 p., 2 ill., 2 CA.

83.SGN.137.GMX
BERTON Y. — Inventaire minier du territoire métropolitain. Rapport d'exercice 1982. Opérations matériaux de carrière. 28 p., 11 CA.

83.SGN.171.GMX
ROZES B., GOUSTARD R. — Marble project, in the Masfut Area geological study and Quarry Engineering. 37 p., 26 ill., 7 CA.

83.SGN.253.BOU
REMOND C. — Inventaire général des ressources en matériaux de roches dures pour granulats en Saône-et-Loire (1re phase). Reconnaissance géologique du massif calcaire de la région de Sennecey-le-Grand, Jugy, Vers, Nanton et Corlay. 27 p.

83.SGN.269.AQI
PLATEL J.-P. — Société nationale Elf-Aquitaine (production). Recherche de sables siliceux dans le Bassin aquitain en vue d'une utilisation en gravel-packs et fracturation hydraulique dans les forages pétroliers. 8 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.280.AQI
BOTH J., FAMECHON C., SAUVESTRE M. — Taxe parafiscale sur les granulats, recherche de granulats de substitution (ophites) pour l'approvisionnement de la région de Pau (Pyrénées-Atlantiques). 30 p., 3 ill., 5 CA.

83.SGN.311.GMX
ROZES B., BATTLE J. — Ardoisière d'Herbeumont (Belgique). Projet de carrière à ciel ouvert et atelier de transformation. Étude de faisabilité. 39 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.333.GMX
ROZES B. — Projet de carrière de lherzolite dans les Pyrénées (production de fondants magnésiens). Étude de faisabilité. 13 p., 2 CA.

83.SGN.455.MPY
EULRY M., GALHARAGUE J., JOUBERT J.-M., LE POCHAT G., MARTIN J.-C., ROZES B., SAUVEL C., TERNET Y. — Relance de l'industrie marbrière dans le grand Sud-Ouest. Données économiques. Inventaire des carrières. Études des gisements sélectionnés. 52 p., 129 ill., 126 CA.

83.SGN.487.ALS
MAUROUX B., JOLY P. — Recherche de sites de carrières de roches dures sur le versant alsacien des Vosges (rapport final). 39 p., 28 ill., 18 CA.

83.SGN.506.GEO
BRETON J.-P., GAPAIS D. — Étude géologique du gisement ardoisier de Travassac (Donzenac-Corrèze). 1re phase : Surface. Document Confidentiel.

83.SGN.535.CSC
DOMINICI R., ROUIRE J. — Les roches ornementales du Massif de l'Ospedale. Évaluation cartographique d'une carrière de roches ornementales sur la commune de Zonza (Corse du Sud). 18 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.543.MAR
LENOTRE N., MOAL A. — Étude bathymétrique de la zone d'extraction du Maerl au large du cap d'Erqui (Côtes-du-Nord). 7 p., 6 CA.

83.SGN.581.GEO
BROSSE J.-M. — Recherche de gîtes de diactomites par photo-interprétation au Sud-Ouest du An Nafud, Arabie Saoudite.

83.SGN.600.GMX
DELFAU M., ROZES B. — Ardoisières de Travassac (Donzenac - Corrèze). Projet de carrière à ciel ouvert et atelier de transformation. Étude de faisabilité. 32 p., 2 ill., 1 CA.

83.SGN.606.GMX
ROZES B. — Relance de l'activité marbrière dans le Grand Sud-Ouest. Remise en exploitation d'anciennes carrières. Études de préfaisabilité, A-Marbre de Sarrancolin (Hautes-Pyrénées), B-Marbre de Fabrèges (Pyrénées-Atlantiques). 9 p., 1 ill., 2 CA.

83.SGN.646.GMX
DELFAU M. — Recherche pour le développement de l'emploi des granulats calcaires dans les bétons hydrauliques (réf. 29 EG 67). Présentation des 8 granulats retenus pour la fabrication de bétons expérimentaux. 36 p., 28 ill., 6 CA.

83.SGN.722.MPY
ASTRUC J.-G., GALHARAGUE J. — Recherches d'argiles nobles dans le département du Lot. 1re phase de travaux. 11 p., 30 ill., 1 CA.

83.SGN.806.GMX
LE BERRE P., GRES M. — Inventaire du territoire métropolitain. Recherche de gisements de bentonite dans le Massif Central. 49 p., 50 ill., 7 CA.

83.SGN.823.ALS
RINCK G. — Granulats d'Alsace S.A. reconnaissance du gisement de sable-gravier-galets à la gravière Granal à Gambsheim (Bas-Rhin). 8 p., 25 ill., 2 CA.

83.SGN.842.MPY.AQI
GALHARAGUE J., LE POCHAT G., ROZES B. — Recherche de substances utilisables comme fondants magnésiens pour l'industrie sidérurgique dans le Grand Sud-Ouest.

83.RDM.038.AF
BERTON Y. — Appraisal of Marmor (Sudan) operations and installations in the Sinkat Area. Red sea province - Sudan. 24 p., 24 ill.

Inventaires miniers régionaux prospections systématiques

70.KIN.003
SEREM. — Projet d'inventaire des ressources minières de la République Démocratique du Congo. 84 p., 39 CA.

83.LIB.004
COSTE B., SAVE M., BARON M. — République Gabonaise. Mission Mitzic 1981. Prospection générale et cartographie : rapport final 1. 24 ill., 118 CA.

83.LIB.005
COSTE B., VERNHET Y., PICOT J.-C., SIMEON Y., LECOMTE P. — République Gabonaise. Mission Mitzic 1982 (Gabon). Prospection générale et cartographie. Rapport final. 384 p., 75 ill., 130 CA.

83.MOZ.001
MROZ J.-P. — Inventaire minier de l'extrême Nord de la République Populaire du Mozambique, contrôle et étude d'anomalies radiométriques et magnétiques. Rapport final. 43 p., 191 ill., 87 CA.

83.MOZ.002
PINNA P., JOHAN V., PIANTONE P. — Inventaire minier de l'extrême Nord de la République Populaire du Mozambique. Reconnaissance géologique. Rapport final. 167 p., 33 ill., 9 CA.

81.RDM.016.AF
BROHAN M. — Prospection systématique en Guinée Équatoriale (première phase). Rapport intérimaire de la première Campagne. 36 p., 39 CA.

83.RDM.015.AF
POUIT G. — Mission dans les Red Sea Hills (1983) (Soudan). 18 p., 4 CA.

83.SGN.349.GMX
MELOUX J. — République Arabe d'Égypte. Approches de gitologie et d'économie minière. 71 p., 10 CA.

83.SGN.428.GMX
SUSTRAC C. — Compte rendu de mission au Sénégal dans le cadre du plan minéral 26 mars-30 avril 1983. 45 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.515.GMX
LETALENET J., LECOMTE P., AL SHANFARI M., ZEEGERS H. — Geochemical orientation survey in the Sultanate of Oman : synthesis report. 77 p., 35 ill., 11 CA.

82.SUD.004
BOIRAT J.-M., DESCHAMPS Y., MOHD SALIH H., WAD EL NOUR N.-E. — Cooperation programme of mineral research in Sudan Red Sea Hills projects. 1981-82 Campaign. Prospection in the Sinkat - Tohamyam Area. 57 p., 11 ill., 6 CA.

82.SUD.005
STOLOJAN N., SULFAB A.-W., HOTTIN A.-M. — Cooperation programme of mineral research in Sudan red sea Hills project 1981-82 Campaign. Geological reconnaissance of the upper Khor Langeb Region. 13 p., 2 ill., 6 CA.

82.SUD.008
MATHIEU F., OGIER M. — Red Sea Hills mining joint venture 1981-82 Campaign. Geophysical survey of the Tolik district. 11 p., 2 ill., 7 CA.

82.SUD.009
MATHIEU F., OGIER M. — Red Sea Hills mining joint-venture 1981-82 campaign : synthesis of the geophysical work carried out between 1979 and 1982 on the Abu Sam'r Sector. 54 p., 23 ill., 14 CA.

82.SUD.010
MATHIEU F., OGIER M. — Red Sea Hills mining joint venture 1981-82 Campaign. Geophysical survey on the Bachikwan-Sector. 19 p., 5 ill., 6 CA.

83.SUD.002
CHÈZE Y., DESCHAMPS Y., GODARD G., RALAY F., EUVRARD B., BAGADI M.-E., YOUNIS M.-O. — Red Sea Hills mining joint venture 1982-83 Campaign the Gossans of the Ariab Basin. 32 p., 28 ill., 10 CA.

83.SUD.003
GUYOT G., KOCH MATHIAN J., THIERRY P., AL KARIM ALOUB O., SHERIFF M. — Red Sea Hills mining joint venture, 1982-83 Campaign. Investigation of the Abu Sam'r ore body and prospection of the Tolik series. 60 p., 22 ill., 6 CA.

83.SUD.004
AYMARD G., TAG EL DIN. — Red Sea Hills mining joint venture. Pilot sorting and sampling plant at Jebel Eyob (Sudan). Report on work carried out at Jebel Eyob during 1982-83 Campaign. 25 p., 8 ill., 1 CA.

83.SUD.007
DOLLE Y., MATHIEU F. — Red Sea Hills mining joint venture geophysical prospecting in the Red Sea Hills (Sudan) 1982-83 Campaign. 92 p., 57 ill., 35 CA.

Combustibles solides

82.SGN.003.GPH
MERCIER F., OLTRÀ M., VALENTIN J. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassins houillers du Briançonnais, Massif de Peyre Eyraute (Hautes-Alpes). Tests de polarisation spontanée, prospection électrique et VLF à Chapelle-Saint-Jean et le Villaret. 8 p., 19 ill., 4 CA.

82.SGN.597.BOU
BOIS J., MARITON D., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon, gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage, sondage Lucenay. 13 p., 3 ill., 1 CA.

82.SGN.598.BOU
BOIS J., MARITON D., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon, gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage, sondage Lucenay. 13 p., 3 ill., 1 CA.

82.SGN.599.BOU
BOIS J., MARITON D., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon, gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Lucenay B (LYB). 20 p., 5 ill., 1 CA.

82.SGN.600.BOU
BOIS J., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon, gisement de Lucenay-les-Ajx (Nièvre). Rapport de fin de sondage, sondage Lucenay C (LYC). 19 p., 5 ill., 1 CA.

82.SGN.706.AQI
JOUBERT M., LE POCHAT G. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Lignite de Saint-Lon-les-Mines : travaux 1981-1982. 18 p., 10 ill., 1 CA.

82.SGN.787.AQI
PLATEL J.-P., VILLEY-DESMESERETS B. — Plan grand Sud-Ouest. Recherches de gisements de tourbes en Aquitaine méridionale. Rapport de synthèse du programme 1981. Prospection des indices et caractérisations physico-chimiques. Étude du marché de la tourbe dans le grand Sud-Ouest. 52 p., 3 ill., 13 CA.

82.SGN.856.BOU
BALLIN F., CHANLON M., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre) : rapport de fin de sondage, sondage Lucenay D (LYD). 29 p., 5 ill., 2 CA.

82.SGN.857.BOU
CHANLON M., GONZALES G., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage, sondage Lucenay LZA. 17 p.

82.SGN.984.PAC
GLINTZBOECKEL C., SYSSAU A. — Inventaire des ressources nationales de charbon, bassin de Manosque - Forcalquier (Alpes de Haute-Provence). Rapport de fin de sondage (sondage de St-Maime 1 (SM. 1). 33 p., 9 ill., 1 CA.

82.SGN.030.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). Campagne 1982. Rapport de fin dé sondage, sondage Aix-en-Provence N. 7 (AP.7). 49 p., 13 ill., 1 CA.

83.SGN.024.EAU
MENJOZ A., REGAN M., SAUTY J.-P. — Gazéification souterraine du charbon modélisation de la rétrocombustion : rapport annuel. Travaux effectués par le B.R.G.M en 1982 pour le groupe processus. 11 p., 14 ill.

83.SGN.032.AUV
BOIS J.-J., BILLET C., CASTAING C., JEAMBRUN M., MARTEAU P. — Bassin houiller de Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme). Étude stratigraphique et structurale (zone Nord-Solignat). 32 p., 13 ill., 8 CA.

83.SGN.039.AUV
BOIS J., FARJANEL G., MARTINET I., BELKESSA R., BILLET C., CASTAING C., JEAMBRUN M., MARTEAU P., ROUZAIRE D. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Région de St-Gervais-d'Auvergne (Puy-de-Dôme). Rapport de fin de première campagne (1982) (géologie - géophysique - sondages). 24 p., 34 ill., 9 CA.

83.SGN.055.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassin de Manosque-Forcalquier (Alpes de Haute-Provence). Rapport de fin de sondage. Sondage de Villeneuve 1 (VI. 1). 25 p., 7 ill., 1 CA.

83.SGN.068.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassin de Manosque-Forcalquier (Alpes de Haute-Provence). Rapport de fin de sondage. Sondage de Saint-Maime 2 (SM.2). 23 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.085.GEO
CASTAING Ch. avec la collaboration de DONSIMONI M. et MARTEAU P. (mars 1983). — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gîtologie prévisionnelle des charbons. Recherche de bassins houillers sous la couverture sédimentaire du Massif central septentrional.

83.SGN.089.GPH
VALENTIN J. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassins du détroit de Rodez Gages (Aveyron). Gravimétrie. 5 p., 7 CA.

83.SGN.099.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). Campagne 1982. Rapport de fin de sondage. Sondage Aix-en-Provence N. 8 (AP.8). 27 p., 8 ill., 1 CA.

83.SGN.136.GEO
BONIJOLY D., MARTEAU P., BECQ-GIRAUDON J.-F. — Recherche des prolongements sous couverture sédimentaire des bassins stéphaniens du détroit de Rodez, de Graissessac et de Carmaux (Sud-Ouest de Massif central).

83.SGN.142.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). Reconnaissance de l'extension (campagne de sondages 1982). Synthèse des résultats et perspectives. 54 p., 10 ill., 11 CA.

83.SGN.208.GPH
VALENTIN J. — Inventaire des ressources nationales de charbon : région Beaune-Chagny (Côte-d'Or - Saône-et-Loire). Gravimétrie. 5 p., 7 CA.

83.SGN.211.GPH
VALENTIN J. — Site de la Haute-Deule, mesures de la résistivité des charbons dans certaines veines du siège 25-d'Estevelles (Pas-de-Calais). 8 p., 9 ill.

83.SGN.216.GEO/NPC
LE PLAT G., PASQUET J.-F. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Rapport de fin de sondage Rinxant (Pas-de-Calais).

83.SGN.221.BOU
BRANCHER M., RENAUDIE P., REMOND C., VALENTIN J. — Recherche d'amas de charbon par prospection gravimétrique entre Blanzy et Montchanin (71) Secteur Le Gratoux - Les Mésarmes. 24 p., 20 ill., 5 CA.

83.SGN.222.GEO
DONSIMONI M., MARITON D., GONZALES. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement de Decize-Devay (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Devay E. (DYE).

83.SGN.224.GPH
VALENTIN J. — Inventaire des ressources nationales de charbon, gisement de Decize-Devay (Nièvre). Géophysique. Campagne 1982. 9 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.239.PAC
GLINTZBOECKEL Ch., SYSSAU A. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône) (campagne 1983) : rapport de fin de sondage, sondage Aix-en-Provence N.9. 33 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.313.GPH
PERAGALLO J. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Éléments de réinterprétation de sismique réflexion à Lucenay-les-Aix (Nièvre). 5 p., 4 ill., 2 CA.

83.SGN.338.PAC
DELLERY B., SYSSAU A. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). Campagne 1983. Rapport de fin de sondage. Sondage Ventabren N.3 (VB3). 31 p., 5 ill., 1 CA.

83.SGN.348.GPH
VALENTIN J. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Anlezy-Diennes-Aubigny (Nièvre). Prospection électrique. Campagne 1983. 4 p., 1 ill., 3 CA.

83.SGN.359.GEO
CAUTRU J.-P. — Inventaire des ressources nationales de charbon. L'Oligocène lignitifère du bassin de Manosque-Forcalquier (Alpes de Haute-Provence). Reconnaissance de la partie sud du bassin.

83.SGN.360.GEO
FEYS, MERCIER. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassin houiller du Briançonnais. Massif de Peyre-Eyraute.

83.SGN.367.BOU
PASQUET J.-F., REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Lucenay G (LYG). 32 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.378.AQI
DUBREUILH J., KARNAY G., LE POCHAT G. — Inventaire des ressources nationales en charbon. Recherches de lignites dans les landes de Gascogne. Exploration des indices de Mezos-Sud. Première évaluation des ressources. État d'avancement des travaux au 31 mai 1983. 7 p., 7 ill., 3 CA.

83.SGN.422.GEO
BOIS J. et GONZALES G. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement de Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Lucenay E (LY).

83.SGN.491.GEO
GONZALEZ G., MARITON D., PASQUET J.-F. et REMOND C. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement Lucenay-les-Aix (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Lucenay-les-Aix (LYF).

83.SGN.492.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). (Campagne 1983). Rapport de fin de sondage. Sondage Rognac N.1. 21 p., 5 ill., 1 CA.

83.SGN.502.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). (Campagne 1983). Rapport de fin de sondage. sondage Velaux N.1 21 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.503.PAC
GLINTZBOECKEL C. — Reconnaissance de l'extension du gisement de lignite de Gardanne (Bouches-du-Rhône). (Campagne 1983). Rapport de fin de sondage. Sondage Berre N.1. 29 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.519.GEO/LRO
ALABOUVETTE B. (B.R.G.M.), CHEDHOMME J. (IGAL), FREDET J.-M. (IGAL), Mme LARTAUD (ENSTIMA). — Inventaire des ressources nationales de charbon. Lignites du fossé d'Alès-Barjac.

83.SGN.526.STO
GROS Y., BLÈS J.-L., BONIJOLY D., MARTIN P. — Fracturation profonde des massifs rocheux granitiques. Rapport d'avancement des travaux 2e semestre 1981. 10 p.

83.SGN.527.STO
BLÈS J.-L. — Fracturation profonde des massifs rocheux granitiques. Rapport d'avancement des travaux 1er semestre 1982. 3 p., 2 ill.

83.SGN.584.AQI
PLATEL J.-P. — Recherche de gisements de tourbes en Aquitaine méridionale. Prospection des marais de St-Michel-Escalus/Linke et de St-Laurent-de-Gosse (Landes). Évaluation des réserves et des qualités. 14 p., 4 ill., 2 CA.

83.SGN.638.GEO
PASQUET J.-F. avec la collaboration de BOIS J., DEGOUY M., DONSIMONI M. et MARITON D. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement de Decize-Devay (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Devay F. (DYF).

83.SGN.694.GEO
BONIJOLY D. — Document non public. Inventaire des ressources nationales du charbon : gitologie prévisionnelle des charbons. Le bassin d'Espalion-Lassouts.

83.SGN.700.GEO
GONZALES G. avec la collaboration de MARITON D., PASQUET J.-F. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement d'Anlezy (Nièvre). Rapport de fin de sondage. Sondage Anlezy A. (ANA). Document non public.

83.SGN.767.GPH
BOURGEOIS B. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Bassins houillers du Briançonnais, massif de Peyre-Eyraute (Htes-Alpes). Recherche d'anthracite par polarisation spontanée V.L.F. et Max-Min à Villard-Saint-Pancrace et Le Villaret. 8 p., 27 ill., 3 CA.

83.SGN.800.GPH
POINCLOU C., VALENTIN J. — Inventaire des ressources nationales de charbon, bassin de Noyant (Allier). Gravimétrie. 7 p., 6 CA.

83.SGN.801.GEO
DONSIMONI M. — Inventaire des ressources nationales de charbon. Gisement de Decize-Devay (Nièvre). Rapport de fin de campagne de reconnaissance (1981, 1982, 1983). Synthèse géologique et géophysique.

83.SGN.851.LRO
EULRY M. — Recherches de gisements de tourbes en Languedoc-Roussillon. Sitologie et données économiques. Étude de 4 tourbières du plateau d'Aubrac (Lozère). Étude réalisée par le SGR/LRO avec le concours de l'Armines (Centre d'Alès).

Énergies nouvelles

83.JED.OR.023
BARBUT J., BERTHIER F., VERZIER P. — Géothermal potential of Ayn al Waghrah and Ayn Khulab hot springs (open file report B.R.G.M. OF [illegible]

82.SGN.015.PAC
GRAVOST M. — Projet d'installation d'une pompe à chaleur eau/eau dans les bureaux de la S.E.M., rue des Aciéries, à Marseille : étude de préfaisabilité hydrogéologique. 19 p., 2 ill.

82.SGN.033.GTH
SCHERR P., VERZIER P., WESTERCAMP D., IUNDT F. — Préétude économique et industrielle sur les perspectives de développement de la géothermie haute énergie en Martinique. 85 p., 13 ill., 10 CA.

82.SGN.051.AQI
TEISSIER J.-L. — Gestion de la nappe profonde géothermique du Cénomano-Turonien sous l'agglomération bordelaise : essai de longue durée sur le forage de la Benauge (GBDX 2). 15 p., 18 ill., 2 CA.

82.SGN.321.IDF
AUSSEUR J.-Y., CAMPINCHI J., SAUTY J.-P., RICHARD M., SIGONNEAU P., VANDENBEUSCH M. — Évaluation du potentiel thermique des nappes aquifères peu profondes (0 à 100 mètres) en Ile-de-France. Aspect hydrothermique et économique au niveau de la faisabilité. 268 p., 39 ill., 13 CA.

82.SGN.511.GTH
AUBERTIN G., DESPLAN A., FOUCHER J.-C., HERBRICH B. — Projet géothermique de Bondy (Seine-Saint-Denis). Étude de faisabilité sous-sol. 40 p., 14 ill., 2 CA.

82.SGN.584.GTH
HONEGGER J.-L. — Évaluation des éléments fondamentaux d'une centrale géothermique à échange direct. Rapport de stage (3e année E.S.R.M.M.). 55 p., 29 ill.

82.SGN.718.GTH
DESPLAN A., GOYENECHE O., HERVÉ J.-Y., MENJOZ A., RICH X. — Rapport de fin de sondage d'injection Evry (GEV 2). 99 p., 15 ill., 2 CA.

82.SGN.770.AQI
CHAMAYOU J., MARTIN J.-C. — Confrontation ressources géothermiques basse-énergie et besoins recensés en Aquitaine. 80 p., 1 ill., 22 CA.

82.SGN.790.GTH
RANCON J.-P. — Les paragenèses hydrothermales dans différents champs géothermiques. Applications thermométriques au suivi d'un forage profond. 43 p., 12 ill., 8 CA.

82.SGN.927.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — La géothermie basse énergie : évaluation de sa contribution au bilan énergétique français. 42 p., 43 CA.

82.SGN.929.GTH
MENJOZ A., DASSIBAT C., MATHERON J.-P., PASCAUD P., DELACOUR D., LAUZANNE J., MAIRESSE D. — Analyse expérimentale du comportement du sol dans une opération de chauffage de pavillons par pompe à chaleur sol-eau à Crèvecœur-en-Auge (Calvados). 183 p., 184 ill.

82.SGN.950.GTH
SCHERR P., POUGET A.-M. — Valorisation des produits agroalimentaires par géothermie dans un contexte « pays en voie de développement ». 43 p., 6 ill., 3 CA.

82.SGN.958.GTH
BAUDOUIN C., SANSUC B., FABRIS H., MENJOZ A., ROJAS J., GIOT D., ASSIE M., DESPLAN A. — Projet géothermique de Sevran-Aulnay. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages. 2e partie : dossier des ouvrages exécutés 1er et 2e forage. 137 p., 11 ill., 1 CA.

82.SGN.962.EAU
JAUDIN F. — Possibilités d'utilisation des nappes d'eau souterraine pour les pompes à chaleur. Principales études régionales réalisées au 01.07.82. 15 p., 1 CA.

82.SGN.965.AQI
COLLECTIF B.R.G.M. — Implantation d'une zone horticole géothermique sur la commune du Teich par récupération d'un ancien forage pétrolier. 98 p., 12 ill., 4 CA.

82.SGN.966.AQI
COLLECTIF B.R.G.M. — Étude de faisabilité. Chauffage par géothermie de la résidence Liotard. 48 p., 13 ill., 2 CA.

82.SGN.988.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — La géothermie basse énergie dans le monde. 35 p., 8 ill.

82.SGN.1023.GTH
AUBERTIN G., BAUDOUIN A., DESPLAN A., FOUCHER J.-C. — Projet géothermique de Chelles (76). Étude de faisabilité sous-sol. 53 p., 18 ill., 2 CA.

82.SGN.1024.GTH
HERVÉ J.-Y. — Opération géothermique du Blanc-Mesnil-Nord. Avant-projet détaillé. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages (1re partie). 93 p., 19 ill., 3 CA.

83.SGN.011.BOU
BILLARD G. — Étude des potentialités des aquifères superficiels en vue d'un développement de l'installation de pompes à chaleur eau-eau. 16 p., 4 CA.

83.SGN.018.BOU
BILLARD G., JAVEY C., MARTIN J., VANDENBEUSCH M. — Schéma de développement des énergies renouvelables en Bourgogne. 88 p., 7 ill., 13 CA.

83.SGN.021.GTH
FABRIOL R., VARET J. — Discussion sur la faisabilité technique d'exploitation du fluide mis en évidence par le forage Asal 1 pour la production d'électricité à la lumière de l'expérience des champs de Cerro Prieto et Salton Sea. 50 p.

83.SGN.022.GTH
CORREIA H., DEMANGE J., FABRIOL R., GERARD A., VARET J. — Champ géothermique d'Asal. Synthèse des données disponibles au 1er janvier 1983. 71 p., 27 ill., 10 CA.

83.SGN.045.GTH
BOUNIOL B., MAGET P. — Ressources géothermiques au Lusitanien dans le Bassin Parisien. 21 p., 11 ill.

83.SGN.051.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Projet géothermique de Gardes-les-Gonesse (Val-d'Oise). Avant-projet de taille. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages. 1re partie. 91 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.069.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Projet géothermique de Soissons, avant-projet sommaire (APS). Étude géologique - forage. 37 p.

83.SGN.093.AQI
MARTIN J.-C. — IVe région militaire, commandement et direction du génie. Direction des travaux de Bordeaux, chauffage de la caserne Bosquet : étude de faisabilité. 25 p., 8 ill.

83.SGN.102.GTH.
COUDERT J.-M., DAUM J.-R., GOYENECHE O., RICARD J. — Meaux Beauval 2. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages S.T.D. - P.E.O. 2e partie GMX 8. 45 p., 9 ill., 3 CA.

83.SGN.117.ALS
DAESSLE M., COURTOT P. — Opération géothermique de Mulhouse (Haut-Rhin). Recherche par forage d'un gîte géothermique dans l'aquifère de la Grande oolithe. 38 p., 5 ill., 4 CA.

83.SGN.149.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Doublets géothermiques de Aulnay s/Bois « Villeneuve/Gros Saule », et de Villepinte : Étude géologique - Étude des forages. 43 p., 10 ill., 4 CA.

83.SGN.150.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Étude générale d'implantation des forages géothermiques sur les communes de Sevran - Aulnay - Villepinte. 15 p., 18 ill., 1 CA.

83.SGN.165.GTH
AUBERTIN G. — Ressources géothermiques en Val-d'Oise. Études des sites. 87 p., 22 ill., 2 CA.

83.SGN.174.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Opération géothermique de Creil-le-Plateau (Oise). Rapport de fin de sondage 1er et 2e puits (GCR5-GCR6) : spécifications techniques détaillées (S.T.D.). Éléments après forages. Plan d'exécution des ouvrages (P.E.O.). Dossier des ouvrages exécutés (D.O.E.). 185 p., 22 ill., 4 CA.

83.SGN.176.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Forage géothermique de Melleray (GMY 2). Essais de contrôle des caractéristiques du puits d'injection réalisé en mai et juin 1982. 25 p., 18 ill.

83.SGN.192.GTH
RANCON J.-P., DEMANGE J. — Reconnaissance géothermique de la République du Rwanda. Rapport géovolcanologique. 127 p., 310 ill., 3 CA.

83.SGN.204.MPY
AUSSEUR J.-Y., COLLIN J.-M., GRIMA M., SAUTY J.-P., SOULE J.-C. — Étude hydrogéologique et thermique de faisabilité d'un projet de chauffage de serres par pac sur nappe avec injection d'eau de la rivière Nohic. 11 p., 9 ill.

83.SGN.206.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Opération géothermique du Blanc-Mesnil Nord. Spécifications techniques détaillées, plans d'exécution des ouvrages 2e partie. Dossier des ouvrages exécutés. 1er et 2e forage. 158 p., 14 ill., 10 CA.

83.SGN.227.GTH
Opération géothermique de Mulhouse : étude de faisabilité. (Haut-Rhin).

83.SGN.261.CEN
CHIGOT D. — Étude hydrogéologique et thermique pour système de refroidissement sur nappe. 15 p., 1 ill. 6 CA.

83.SGN.291.AQI
MARTIN J.-C., FAURE S. — Étude thermique et économique des projets de pompe à chaleur sur nappe : programmes de calcul automatique. 41 p., 6 ill.

83.SGN.295.LRO
COLLECTIF B.R.G.M. — Projet « Énergies nouvelles » pour le quartier d'Antigone, ville de Montpellier (Hérault). Étude de faisabilité d'un projet géothermique, partie sous-sol. 25 p., 6 ill., 3 CA.

83.SGN.305.LRO
POUL X., BERGER G. — Secteur universitaire nord de Montpellier. Étude de faisabilité d'un projet géothermique, partie sous-sol. 21 p., 2 ill., 3 CA.

83.SGN.315.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Opération géothermique de Tremblay-les-Gonesse. Avant-projet détaillé. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages. 1re partie : 1er forage production G.T.R.E. 1 (devié), 2e forage injection G.T.R.E. 2 (devié). 88 p., 15 ill., 1 CA.

83.SGN.342.GTH
HERBRICH B. — Le forage des puits de vapeur au Mexique. 36 p., 33 ill.

83.SGN.356.AQI
MONDEILH C. — Réalisation d'un forage pour alimentation d'une P.A.C. à St-Pierre-du-Mont (Landes). Rapport de fin de travaux. 11 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.369.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Projet géothermique d'Aulnay-sous-Bois « Villeneuve - Gros Saule » (Seine-Saint-Denis) : avant-projet sommaire. 121 p., 31 ill., 8 CA.

83.SGN.398.GTH
CHOVELON P., CORREIA H., DEMANGE J., FABRIOL R., PUVILLAND P. — Prospection géothermique iles de Faial et de Pico (Açores). Rapport final. 25 p., 2 CA.

83.SGN.403.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Modélisation des bilans économiques d'une opération de géothermie basse énergie (actualisation de l'étude B.R.G.M. de 1980). 82 p., 7 ill., 1 CA.

83.SGN.409.GTH
HERBRICH B., FABRIS H., RICARD J., GOYENECHE O., IUNDT F., SCHERR P. — Opération géothermique de Garges-les-Gonesse : spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages (2e partie). Dossier des ouvrages exécutés. Forage de réinjection GGAR 1. 87 p., 8 ill., 7 CA.

83.SGN.419.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Projet géothermique d'Aulnay-sous-Bois. Villeneuve-Gros-Saule (Seine-St-Denis). Avant-projet détaillé : spécifications techniques détaillées. Plan d'exécution des ouvrages. 1re partie. 84 p., 12 ill., 4 CA.

83.SGN.433.GTH
SCHERR P. — Projet géothermique de la Villette. Avant-projet sommaire. 36 p., 14 ill., 13 CA.

83.SGN.434.GTH
TOURNAYE D. — Étude de faisabilité d'une opération de géothermie à la faculté d'Orsay. Étude géologie-forage. 115 p., 35 ill., 1 CA.

83.SGN.440.IRG
GABLE L., DISSON D., DONSIMONI M. — Étude thermique du Bassin houiller lorrain, approches théorique et expérimentale. 15 p., 12 ill.

83.SGN.466.GTH
BERTET E. — Demande de permis d'exploitation de gîtes géothermiques à basse température. Opération de Beauval 1 et 2 à Meaux. 5 p., 1 ill., 1 CA.

83.SGN.500.AQI
RUHARD J.-P. — Ville de Mérignac. Réalisation d'un forage (GMC3) et d'une unité d'exploitation géothermique. Étude d'impact. 64 p., 33 ill., 24 CA.

83.SGN.508.GTH
VERZIER P. — Étude de faisabilité d'une microcentrale à source géothermale en Afrique. Rapport N.2. Faisabilité. 41 p., 8 ill.

83.SGN.537.GTH
SCHERR P. — Projet géothermique de la Villette. Avant-projet détaillé. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages. 75 p., 18 ill., 1 CA.

83.SGN.559.AQI
MARTIN J.-C., TEISSIER J.-L. — Modélisation de l'aquifère géothermique du Cénomano-Turonien en régime transitoire. Simulation et interprétation des résultats d'une exploitation de la nappe par dix ouvrages profonds. 14 p., 8 ill., 2 CA.

83.SGN.570.LRO
POUL X., ALABOUVETTE B. — Forage de reconnaissance géothermique du quartier des Métairies à Sète (Hérault). 18 p., 9 ill., 3 CA.

83.SGN.578.IRG
MENJOZ. — Description et mode d'emploi du logiciel IAO pour le traitement des données d'essais sur forages géothermiques. Version 1.0 pour système R2E Micral 21D. 32 p., 15 ill.

83.SGN.605.GTH
DEMANGE J., IUNDT F. — Reconnaissance géothermique haute énergie de la Polynésie française. 67 p., 8 ill., 5 CA.

83.SGN.608.AQI
CHAMAYOU J., MARTIN J.-C. — Ville de Morcenx (Landes). Projet de chauffage des bâtiments communaux par énergies nouvelles : pompe à chaleur et biomasse. 17 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.629.GTH
BANON J.-C., CORREIRA H., FABRIOL R., HERBRICH B. — Projet géothermique Asal-Nord Ghoubbet. Avant-projet de faisabilité. 68 p., 4 ill.

83.SGN.647.GTH
OUZOUNIAN G. — Boucle géothermale de Beauvais. Étude préliminaire du mécanisme de la formation des dépôts. 8 p., 1 ill.

83.SGN.649.MPY
COLLIN J.-M., ROCHE J., SCHERR P. — Recherche en région Midi-Pyrénées de sites favorables à la réalisation d'opérations géothermiques. 2e phase : zone de bordure du Bassin Aquitain : Massif central et Pyrénées.

83.SGN.686.GTH
AUBERTIN G., DESPLAN A., LEJEUNE J.-M., MARTIN G. — Potentiel géothermique « basse température » en France. Étude technico-économique. 166 p., 49 ill., 1 CA.

83.SGN.698.GTH
VERZIER P. — Microcentrale géothermique de Chaudes-Aigues (Cantal). Rapport final. 25 p., 3 ill., 1 CA.

83.SGN.710.IRG
BOUILLEAU M. — Synthèse du programme hot dry rocks de Camborne School of Mines (Grande-Bretagne). 90 p., 26 ill.

83.SGN.714.GTH
BARTHES V., MENNECHET C. — Gravimetric study of the Soufrière Area and the Wotten Waven Zone (Dominica, Northern Lesser Antilles). 28 p., 14 ill, 3 CA.

83.SGN.715.GTH
BARTHES V. — Audio-magnetotelluric survey on Dominica Island (Soufrière and Wotten Waven regions). 14 p., 40 ill., 8 CA.

83.SGN.716.GTH
BARTHES V., BENDERITTER Y. — Résultats de la campagne de sondages audiomagnétotelluriques de la région de Bouillante (Guadeloupe). 11 p., 6 ill., 3 CA.

83.SGN.734.NPC
DESPLAN A., TALBOT A. — Commune de Condé-sur-l'Escaut. Société d'aménagement et d'équipement du Nord. Possibilités d'utilisation du potentiel géothermique pour le chauffage de serres à Condé-sur-l'Escaut (Nord). 25 p., 7 ill., 6 CA.

83.SGN.740.IRG
RANCON J.-P. — Applications thermométriques de l'étude des minéraux hydrothermaux en géothermie haute énergie. 55 p., 13 ill.

83.SGN.750.GTH
SCHERR P. — Opération géothermique de Garges-les-Gonesse. Spécifications techniques détaillées. Plan d'exécution des ouvrages (2e partie). Dossier des ouvrages exécutés, forage de production GGAR 2. 122 p., 30 ill., 7 CA.

83.SGN.751.GTH
COLLECTIF B.R.G.M. — Opération géothermique de Tremblay-les-Gonesse. Spécifications techniques détaillées. Plans d'exécution des ouvrages. 2e partie. Dossier des ouvrages exécutés. 1er et 2e forage. 183 p., 30 ill., 7 CA.

83.SGN.773.AQI
CHAMAYOU J., MARTIN J.-C. — Commune de Pauillac (Gironde). Étude de faisabilité d'une opération d'économie d'énergie par pac sur forage à double objectif : chauffage et eau potable. 22 p., 2 ill., 2 CA.

83.SGN.780.IRG
HONEGGER J.-L. — État de la recherche sur les échangeurs à contact direct appliqués aux centrales électriques géothermiques à fluide binaire. 36 p., 12 ill.

83.SGN.852.ALS
MERHEB F., BABOT Y., RISLER J.-J. — Utilisation thermique de la nappe phréatique d'Alsace au niveau de Strasbourg. Exploitation d'un modèle de gestion. 40 p., 13 ill., 8 CA.

83.SGN.865.GTH
DEMANGE J., FABRIOL R., PUVILLAND P., RANCON J.-P., VERZIER P. — Geothermal village project technical report on Cisolok and Cigintung areas (West Java - Indonesia). 72 p., 20 ill., 7 CA.

83.SGN.895.GTH
Opération géothermique d'Aulnay-sous-Bois « Villeneuve-Gros Saule » : STD-PEO (2e partie). Dossier des ouvrages exécutés, forage de production GAY3 et forage de réinjection GAY4. 169 p., 4 fig.

83.SGN.920.GTH
DEMANGE J., FABRIOL R., RANCON J.-P., VERZIER P. — Reconnaissance géothermique de la République du Rwanda : rapport de synthèse. 21 p., 3 ill., 4 CA.

83.SGN.933.GTH
DAUM J.-R., VERZIER P., BARBUT J. — Feasibility report Amphoe Fang geothermal area, 34 p.

EAU ET OCCUPATION DU MILIEU TERRESTRE

Eau

* 83.AGE.029
Rapport de mission sur la cartographie des ressources en eau du Maroc (pour ministère équipement/hydraulique, direction recherche et planification eau Maroc, juillet. 7 p. + 3 annexes et 1 carte h.t.).

83,JED.OR.033
COTTEZ S., HINDELEH Y. — Jabal Sayid water supply inventory of agricultural wells in Adh Dhumari Yah and Al Hijriyah Areas (open-file report B.R.G.M.-OF-03-33). 29 p., 5 ill., 7 CA.

83.JED.OR.060
VANDENBEUSCH M. — Preliminary study and cost estimate of the water supply for the Wadi SA Wawin mine project, final report. 32 p., 7 ill.

83.JED.OR.070.AGE
DEGALLIER R., GURLIAT G. — Projet Atallah Shari province du Qasim. Royaume d'Arabie Saoudite. Compte rendu de fin de travaux pour les forages N.1 à 12. 155 p., 63 ill.

80.SGN.047.GPH
FERRANDES R. — Étude géophysique d'hydraulique villageoise en zone de socle et piémont de Mora à Kaele (Nord Cameroun). 20 p., 19 ill, 3 CA.

82.SGN.334.NPC
TALBOT A., JOURDAIN E., GAILLARD J.-G. — Agence de l'eau Artois-Picardie, Douai (Nord). Renforcement du débit d'étiage de la Lys. Surveillance des écoulements superficiels dans le bassin de la haute et moyenne Lys. Surveillance piézométrique des nappes cénomanienne et turonienne. 13 p., 16 ill., 2 CA.

82.SGN.359.NPC
BOVE Y. — Service des voies navigables de Lambersart-Wambrechies (Nord). Remontée du niveau d'eau de la Deule à l'aval de l'écluse de Wambrechies. Examen préliminaire de la variation du niveau de la nappe phréatique. 10 p., 6 ill., 3 CA.

82.SGN.582.MPY
ROCHE J. — Syndicat des Eaux de Monclar-de-Quercy - Saint-Nauphary (Tarn-et-Garonne). Forage de Monclar-de-Quercy. Compte rendu des travaux et études. 18 p., 2 ill., 1 CA.

82.SGN.791.EAU
VANDENBEUSCH M. — Gaz de France. Tests de production sur le forage B.R. 104 (Bresse). Avril 1981 et mars 1982. 94 p., 38 ill., 2 CA.

82.SGN.919.CEN
CHIGOT D. — Schématisation des aquifères superficiels de la région Centre. Données pour le système « Memeau ». 17 p., 2 CA.

82.SGN.920.EAU
THIERY D., VANDENBEUSCH M., VAUBOURG P. — Interprétation des pompages d'essai en milieu fissuré. 46 p., 30 ill.

82.SGN.928.EAU
MARGAT J.— Planification de l'exploitation des eaux souterraines en zones arides et semi-arides. 32 p., 10 ill.

82.SGN.943.EAU
PETIT V., VAUBOURG P., BROSSIER G. — Détermination des caractéristiques hydrodynamiques des milieux aquifères peu perméables, slug test et pulse test. 24 p., 12 ill.

82.SGN.953.EAU
RECAN M., SAUTY J.-P. — Stockage souterrain de méthane dans une structure aquifère. Étude des possibilités de migration de méthane dissous dans l'aquifère : rapport de fin d'étude. 46 p., 24 ill.

83.SGN.001.GEO
DELPONT G. — Photogéologie et télédétection. Togo stratégie d'aménagement des eaux. Contribution à l'étude des eaux souterraines du socle entre 7° et 9° de latitude nord.

82.SGN.969.NPC
LEPLAT J. — Société « Eau et Force » à Maubeuge (Nord). Récupération des eaux d'exhaure de la carrière « C.B.S. » pour la distribution d'eau potable. 4 p., 2 CA.

82.SGN.996.NPC
TALBOT A., GAILLARD J.-G. — Société des habitations ouvrières du Nord C.I.L. Examen de l'état du dispositif de rabattement de nappe de la résidence Gayant à Douai (Nord). 12 p., 2 ill., 3 CA.

82.SGN.016.LOR
MAIAUX C. — Ville de Saint-Dié (Vosges), renforcement de l'alimentation en eau potable : compte rendu de surveillance des travaux de réalisation du forage d'exploitation N. 1 (ex. propriété Décarpentrie). 15 p., 7 ill., 3 CA.

83.SGN.003.EAU
LOUVRIER M., MARGAT J. — Précipitations efficaces moyennes annuelles en France (1946-1976). Carte à 1/1 500 000. 24 p., 1 ill, 6 CA.

83.SGN.020.GEG
BERTRAND L., PEAUDECERF P., THIERY D. — Action complémentaire coordonnée : « Les sciences de la Terre et les problèmes d'aménagement d'urbanisme et de construction ». Mise au point d'une méthodologie pour la détermination des caractéristiques hydrauliques des milieux rocheux fissurés (aide N. 77.7.1430). 94 p., 35 ill., 4 CA.

83.SGN.023.NPC
BOVE Y. — D.D.E. du Nord. Passage inférieur sous la voie ferrée Douai/Blanc-Misseron de la future rocade est de Douai. Examen des contraintes hydrogéologiques en phase travaux et en phase exploitation. 20 p., 15 ill., 3 CA.

83.SGN.028.CEN
MARTINS C. — ERH 1982. Nappe du Cénomanien dans la vallée du Cher (Cher et Loir-et-Cher). Recueil des données et synthèse. 18 p., 2 ill., 4 CA.

83.SGN.034.PAC
GARNIER J.-L., CAILLOL M., DELLERY B., GOUNON A. — Alimentation complémentaire en eau de Cagnes-sur-Mer (Alpes-Maritimes). Reconnaissance par sondages mécaniques et pompages d'essais dans la vallée du Loup. Rapport d'interprétation. 37 p., 10 ill., 1 CA.

83.SGN.037.ALS
KIEFFER C. — Évaluation des ressources hydrauliques, feuille de Delle (475). Ferrette (476). 5 p., 3 ill., 3 CA.

83.SGN.059.AUV
BOURGEOIS M., JEAMBRUN M. — Étude hydrogéologique en vue du recaptage de la source minérale d'Allevard (Isère). 35 p., 4 ill., 5 CA.

83.SGN.062.MPY
VANDENBEUSCH M., ROCHE J. — Forage N. 2 (952.8.26) du Syndicat intercommunal d'alimentation en eau de la région de Nogard (Gers). Tests hydrauliques de productivité du 17.12.1982. Caractérisation de l'ouvrage. 62 p., 12 ill.

83.SGN.065.CEN
ALLARD J.-F., JAUDIN F., GALLE CAVALLONI H. — Étude des températures de l'eau des aquifères superficiels. Environs de Tours (Indre-et-Loire) et d'Orléans (Loiret). 41 p., 13 ill., 3 CA.

83.SGN.081.NPC
TALBOT A., JOURDAIN E. — Société d'eau de la métropole du Nord. Reconnaissance par forage de l'épaisseur utile de l'aquifère calcaire. Approfondissement du forage de la Régie communautaire à Wattrelos (Nord). Indice national 14-4D-208. 28 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.095.MPY
SOULE J.-C., ASTRUC J.-G., COLLIN J.-M. — Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable de la région de Nègrepelisse (Tarn-et-Garonne). Compte rendu des travaux de forages des Merlys. 12 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.098.IDF
BERGER G., MARQUET G. — Étude de l'évolution piézométrique des nappes d'eau souterraine à Paris et en proche banlieue au cours des dix dernières années. 26 p., 47 ill., 5 CA.

83.SGN.100.GPH
DOLLE Y., MATHIEU F. — Electric resistivity surveying for underground water in the Red Sea Hills (Sudan), 1982-1983 Campaign. 6 p., 30 ill, 1 CA.

83.SGN.104.AUV
MERCIER BATARD F. — Recherche d'indices thermaux dans le Puy-de-Dôme. 84 p., 27 ill., 1 CA.

83.SGN.107.GEG
NOYER M.-L., FEUGA B. — Description d'un modèle couplé hydraulique-mécanique en milieu fissuré (avec fissures individualisées) : les programmes Prélude et Fissure. 34 p., 9 ill., 44 CA.

83.SGN.113.CEN
DESPREZ N. — Réalisation d'un second captage pour l'alimentation en eau d'Ormes (zone industrielle) (Loiret). 14 p., 2 ill., 1 CA.

83.SGN.129.GPH
VACHETTE C. — Prospection géophysique par méthode électrique à Kibungo et Byumba (Rwanda). 8 p., 2 ill.

83.SGN.145.PAC
GARNIER J.-L., GLINTZBOECKEL C., THIERY D. — Étude des possibilités d'alimentation en eau de la tranche N. 5 par le puits de l'Arc. 51 p., 13 ill., 3 CA.

83.SGN.157.EAU
LEMORDANT Y., SYLVESTRE J.-P. — Catalogue des modèles de simulation hydrodynamique d'aquifères réalisés à l'étranger par le B.R.G.M. à la date du 31/12/81. 96 p., 1 ill., 1 CA.

83.SGN.161.AQI
BEL F. — Contrôle des forages profonds d'A.E.P. du Lot-et-Garonne et recherches des causes de dépérissement éventuel. 23 p., 15 ill., 1 CA.

83.SGN.167.LRO
THIERY D., BERARD P., CAMUS A. — Alimentation en eau de la ville de Montpellier, captage de la source du Lez : études des relations entre la source et son réservoir aquifère. Rapport N. 1. recueil des données et établissement d'un modèle de cohérence. 84 p., 17 ill., 3 CA.

83.SGN.175.LOR
ALLEMMOZ M. — Ministère de l'industrie région Lorraine. Observations réalisées sur les réseaux piézométriques lorrains de novembre 1981 à novembre 1982. 10 p.

83.SGN.177.NPC
TALBOT A., JOURDAIN E. — Entreprise Lejeune Cucq (Pas-de-Calais). Compte rendu de fin de travaux du forage F 1 à Blendecques (Pas-de-Calais). Interprétation des pompages d'essais indice national 12-2X-0392. 12 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.178.NPC
TALBOT A., JOURDAIN E. — Entreprise Lejeune Cucq (Pas-de-Calais). Compte rendu de fin de travaux du forage F 2 à Wizernes (Pas-de-Calais). Indice national 12-2X-0393. 10 p., 3 ill., 1 CA.

83.SGN.189.GEG
BILLAUX D. — Étude des variations de la perméabilité avec le temps. 25 p., 3 ill.

83.SGN.194.AQI
BELLEGARDE R., BONNERY H., CHAMAYOU J., HOSTENS L. — Gestion des nappes en Aquitaine : compte rendu annuel de surveillance (1982). Nappes des sables éocènes en Gironde et des calcaires oligocènes en rive gauche de la Gironde-Garonne (données quantitatives et qualitatives). 16 p., 7 ill., 12 CA.

83.SGN.213.AQI
BERNARD D., CHAMAYOU J., MARTIN J.-C., MAZURIER C., PEIROLO J. — Étude hydrogéologique de la nappe alluviale de la Garonne dans les secteurs d'aménagement de Gaujac et de Tonneins (Lot-et-Garonne). 27 p., 24 ill., 13 CA.

83.SGN.223.EAU
COLLECTIF B.R.G.M. — Les eaux souterraines dans la planification des ressources en eau. Communications présentées par le B.R.G.M. au Colloque international. Coblence (R.F.A.), 28 août-3 septembre 1982. 63 p., 17 ill.

83.SGN.225.GPH
DUBREUIL G. — D.D.A. La Réunion, programme départemental de recherche d'eau souterraine. Étude géophysique par sondages électriques dans la plaine des Cafres. 9 p., 18 ill., 3 CA.

83.SGN.233.ENV
PERSON J. — Protection des captages d'eaux destinées à l'alimentation humaine. 186 p., 3 ill.

83.SGN.264.MPY
VANDENBEUSCH M., ROCHE J. — Société nationale Elf-Aquitaine. Stockage souterrain de gaz de l'Izaute (Gers). Modélisation des stockages de gaz au sein de l'aquifère inframolassique. Étude d'impact hydrogéologique. 66 p., 32 ill., 2 CA.

83.SGN.266.AQI
BEL F. — Étude hydrogéologique des anciennes tourbières de la Lizonne à Vendoire et de la Pude (Dordogne). 22 p., 25 ill., 3 CA.

83.SGN.312.GPH
MAILLARD J., VALENTIN J. — Possibilités des méthodes électromagnétiques dans le domaine de l'hydrogéologie. 22 p., 25 ill.

83.SGN.374.AQI
TRUPIN G. — Compte rendu des travaux de prospection électrique et de forage entrepris au nouveau stade de Beautiran (Gironde). 7 p., 3 ill., 1 CA.

83.SGN.318.ENV
CARLY R., BRETON C., FLEURIER M., ROUX J.-C. — Analyse de l'activité des hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique de 1974 à 1981. 83 p., 6 ill., 3 CA.

83.SGN.320.IDF
COLLECTIF B.R.G.M. — Mission déléguée de bassin Seine-Normandie. Bassin Seine-Normandie, réseau piézométrique : annuaire 1982. 650 p., 343 ill., 14 CA.

83.SGN.322.MPY
SOULE J.-C. — Thermes-de-Luchon (Haute-Garonne). Travaux de recherches hydrogéologiques. Forage de reconnaissance F 2. 17 p., 5 ill., 1 CA.

83.SGN.324.LRO
POUL X., EULRY M., MARCHAL J.-P. — Étude des possibilités d'amélioration de la productivité du gisement thermal d'Amélie-les-Bains, contexte géologique et caractéristiques des sources thermales. 24 p., 7 ill., 4 CA.

83.SGN.325.LRO
BERARD P. — Alimentation en eau de la ville de Montpellier. Captage de la source du Lez. Études des relations entre la source et son réservoir aquifère, rapport N. 2. Définition des unités hydrogéologiques. 22 p., 2 ill., 1 CA.

83.SGN.335.PAC
GRAVOST M. — Alimentation en eau potable de Port-de-Bouc. Recherche des éléments à prendre en compte pour la définition des périmètres de protection des captages. 19 p., 14 ill., 2 CA.

83.SGN.353.EAU
BERGERON C., DEHAYS H., POINTET T. — Remontées des nappes d'eau souterraine. Causes et effets. 50 p., 23 ill.

83.SGN.357.AQI
MONDEILH C., MAZURIER C. — Réalisation de quatre forages de reconnaissance hydrogéologique à Javerlhac (Dordogne). 20 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.358.AQI
MONDEILH C., MAZURIER C. — Réalisation d'un forage d'alimentation en eau potable à Javerlhac (Dordogne). Rapport de fin de sondage. 10 p., 11 ill., 2 CA.

83.SGN.361.CEN
CHIGOT D., CHEVREL S., TALON C. — Région du Lathan (Indre-et-Loire). Recherches des possibilités aquifères du Turonien. 18 p., 7 ill., 1 CA.

83.SGN.371.AUV
BOURGEOIS M. — Établissement thermal de Royat-Chamalières (Puy-de-Dôme). Compte rendu d'exécution du forage Roy 101 (première phase) et observations effectuées sur les sources thermales. 26 p., 2 ill.

83.SGN.384.EAU
MARTIN J. — Estimation des débits réservés à la Vire au droit de la microcentrale de Candol (département de la Manche). 9 p., 2 CA.

83.SGN.385.EAU
MARTIN J. — Estimation des débits réservés au droit de 4 microcentrales sur la Vire (Manche). 10 p., 2 CA.

83.SGN.390.CEN
DESPREZ N. — Commune d'Aulnay-la-Rivière (Loiret). Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage communal. 14 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.391.CEN
DESPREZ N. — Commune de Marsainvilliers (Loiret). Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage communal. 15 p., 5 ill., 3 CA.

83.SGN.392.CEN
DESPREZ N. — Commune de Sougy (Loiret). Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage communal. 14 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.412.AUV
BOURGEOIS M. — Compte rendu de la campagne de forages pour recherche d'eau minérale à Allevard (Isère). 42 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.414.EAU
DELAROZIÈRE BOULIN O. — État des réseaux piézométriques dans le bassin Adour-Garonne au 1er novembre 1982. 40 p., 5 ill., 5 CA.

83.SGN.418.EAU
MOUSSIE B. — Étude hydrogéologique de la zone des périmètres de recherche des Charbonnages de France au Botswana. 32 p., 12 ill., 3 CA.

83.SGN.421.AQI
TEISSIER J.-L. — Unité de production hydrothermale des Baignots. Obturation du forage d'exploitation « Les Baignots 3 » et de son puits annexe ; réalisation du forage d'exploitation « Les Baignots 4 ». N° au code minier : 977.1.123. Rapport de fin de travaux. 16 p., 11 ill., 2 CA.

83.SGN.430.AQI
BEL F., MAZURIER C. — Rapport de fin de travaux du forage de Marcellus (853-5-20). 12 p., 10 ill., 2 CA.

83.SGN.431.AQI
BEL F., MAZURIER C. — Rapport de fin de travaux du forage de la vallée du Mail (878-8-3) (commune de St-Antoine de Ficalba). 14 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.436.EAU
BRETTE G. — Les pompes à énergie humaine. 131 p., 30 ill.

83.SGN.441.AQI
CHAMAYOU J., CHAMBON C., LAPEYRE R. — Ville de Pau. Drainage du futur cimetière de Pau à Pont-Lonc. Étude hydrogéologique et technique. Avant-projet sommaire. 19 p., 4 ill., 2 CA.

83.SGN.450.AUV
MERCIER BATARD F., JEAMBRUN M., TURLAND M. — Étude des possibilités de ressources nouvelles en eau chaude sur la commune de Néris-les-Bains (Allier). 27 p., 3 ill., 3 CA.

83.SGN.467.EAU
ROUSSEL P. — Mission de service public « eaux souterraines ». Synthèse des travaux effectués en 1982. Description des études et travaux, analyse thématique, perspectives d'évolution. 86 p.

83.SGN.468.EAU
HENOU B. — Les moyens d'exhaure pour puits et forages d'eau. 64 p., 19 ill., 1 CA.

83.SGN.472.ALS
JEAN P. — Exploitation des eaux souterraines de la plaine des Galets (île de la Réunion). Simulations sur modèle des prélèvements E.D.F. 4 p., 4 ill.

83.SGN.486.AUV
BOURGEOIS M. — Établissement thermal de Saint-Gervais-Le Fayet (Haute-Savoie). Amélioration quantitative et qualitative de la ressource en eau thermominérale. 40 p., 21 ill., 2 CA.

83.SGN.488.CEN
ALLARD J.-F., CHIGOT D., CHEVRIER J.-P. — Bassin versant de l'Esves (Indre-et-Loire). Eaux souterraines et eaux superficielles. 135 p., 27 ill., 18 CA.

83.SGN.493.EAU
POINTET T., SCHWARTZ J. — Ile de Marie-Galante (Guadeloupe). Bilan des écoulements souterrains. Simulation en régime permanent. 9 p.

83.SGN.498.AUV
D'ARCY D., BILLET C., BELKESSA R. — Examen hydrogéologique du site des tourbières de Landeyrat (Cantal). 16 p., 3 ill.

83.SGN.501.CEN
PASQUET R., CHIGOT D. — Recensement des études hydrogéologiques en Indre-et-Loire. 13 p., 9 CA.

83.SGN.513.NPC
GAILLARD J.-G., JOURDAIN E., PHILIPPART A., TALBOT A. — Agence de l'eau Artois-Picardie, Douai (Nord). Renforcement du débit d'étiage de la Lys. Surveillance des écoulements superficiels dans le bassin de la haute et moyenne Lys. Surveillance piézométrique des nappes cénomanienne et turonienne. Année 1982. 10 p., 17 ill., 3 CA.

83.SGN.536.ALS
MIGAYROU J., KREBS G. — Nappe phréatique de la plaine d'Alsace. Nappe du Pliocène de Haguenau. Piézométrie 1982. 7 p., 14 ill., 1 CA.

83.SGN.539.CEN
DESPREZ N. — Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage communal de Jouy-en-Pithiverais. 17 p., 3 ill., 5 CA.

83.SGN.540.CEN
DESPREZ N. — Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage du syndicat Tivernon-Chaussy. 17 p., 3 ill., 3 CA.

83.SGN.547.CEN
DESPREZ N. — Étude hydrogéologique du site et capacité de production du captage communal de Yèvre-le-Chatel (Loiret). 10 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.550.NPC
TALBOT A., JOURDAIN E. — Compagnie générale des eaux. Compte rendu de fin de travaux du forage F 2 à Calonne-Ricouart (Pas-de-Calais). Indice national 18-8X-0056. Interprétation des essais de pompage. 15 p., 5 ill., 1 CA.

83.SGN.561.LRO
BERARD P., PETIT V., VANDENBEUSCH M. — Modèle de gestion de la nappe alluviale de Marcoule. 31 p., 10 ill., 5 CA,

83.SGN.594.AQI
BONNART J.-M., CHAMAYOU J. — Ministère de la défense. Étude hydrogéologique cadre et d'assainissement au camp du Poteau à Captieux (Landes). 27 p., 41 ill., 4 CA.

83.SGN.596.ALS
PALLARES F., KREBS G. — Étude sur modèle mathématique des répercussions sur la nappe phréatique des aménagements de l'Ill et de la Bruche dans la communauté de Strasbourg. Simulation des aménagements. 31 p., 46 ill.

83.SGN.603.AQI
BERNARD D., MARTIN J.-C., MONDEILH C., KARNAY G. — Étude hydrogéologique de la nappe miocène dans le bassin du Ludon (Landes). 25 p., 10 ill., 8 CA.

83.SGN.655.EAU
APHRODISIS S., BESOGNET P., POINTET T. — Technical coopération. Statistical study on 270 boreholes in igneous rocks of the Troodos massif (Cyprus). Coopération technique. Étude statistique de 270 forages dans les roches ignées du massif du Troodos (Chypre). 33 p., 18 ill.

83.SGN.659.MPY
SOULE J.-C. — Thermes de Cransac (Aveyron). Étude de faisabilité de mise en exploitation des eaux du forage de Fraysse I. 20 p., 7 ill., 2 CA.

83.SGN.679.LOR
LEBON P. — Service de la navigation de Nancy subdivision de Toul. Drainage du talus S.N.C.F. à Aingeray (Meurthe-et-Moselle). Surveillance hydrogéologique. Rapport de synthèse. 9 p., 12 ill., 4 CA.

83.SGN.732.MPY
SOULE J.-C., COLLIN J.-M. — Commune d'Aussillon (Tarn). Recherches par prospections géophysiques de zones favorables à un captage d'eau au lieu-dit Moulin Neuf. 5 p., 13 ill., 1 CA.

83.SGN.733.AQI
ALLARD A. — A.S.A. des producteurs de semences de maïs des Landes. Recherche d'eau d'irrigation. Résultats des forages exécutés pour des exploitations agricoles situées dans les cantons de Castets, Dax, Mont-de-Marsan, Morcenx, St-Vincent-de-Tyrolle, Soustons et Tartas. 11 p., 19 ill., 2 CA.

83.SGN.772.BOU
BILLARD G., REMOND C. — Commune d'Aisy-sur-Armançon (Yonne). Projet de dérivation du trop-plein du captage de la source de la Fontaine. Reconnaissance géologique préliminaire. 8 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.748.EAU
CROCHET Ph., FOHLEN D., BARRAT J.-M. — La chaîne HIVI. Système et programmes micro-informatiques appliqués aux projets d'hydraulique villageoise. 77 p., 5 ill.

* 83.SGN.754.EAU
MARGAT J. — Compte des eaux continentales. Nomenclature, organisation et mode d'emploi des tableaux comptables (quantité), oct. 53 p. + annexes. [Étude pour le Secr. état environnement/DPP et Comm. interminis. comptes du patrimoine naturel].

* 83.SGN.776.EAU
MARGAT J. — Projets de carte hydrogéologique internationale de l'Afrique à petite échelle. Objectifs et contenus. (novembre). 18 p.

83.SGN.768.CEN
DESPREZ N. — Région Centre. Annuaire piézométrique 1982-1983. 17 p., 40 ill., 48 CA.

83.SGN.889.ALS
KIEFFER C., KREBS G. — Région Alsace. Schéma régional d'aménagement des eaux Alsace. Bilan des besoins et des ressources en eau souterraine à l'horizon 1995. 14 p., 1 ill., 4 CA.

84.SGN.015.AUV
MERCIER BATARD F. — Compte rendu des forages de reconnaissance effectués à Allevard (Isère), octobre-novembre 1983. Découverte d'eau minérale au forage Austerlitz (ALV 302). 32 p., 6 ill., 2 CA.

Environnement

80.SGN.061.GPH
BARRES M., CAULIER P., VALENTIN J., VAN DEN HOECK. — Délimitation de panaches de pollution des eaux souterraines à l'aval des décharges urbaines ou industrielles par prospection électrique. 10 p., 6 ill., 3 CA.

81.SGN.807.IDF
FREY C., COURTOT P. — Recherche par forage d'un gîte géothermique à basse température dans l'aquifère du Dogger Meaux Beauval 2. Étude d'impact. 49 p., 7 ill., 3 CA.

82.SGN.001.NPC
BECKELYNCK J., L'HOPITAULT PHILIPPO A. — Étude de l'influence de la pollution atmosphérique sur les eaux de pluie : période 1979-1981. 23 p., 18 ill., 1 CA.

82.SGN.005.MGA
GREFFARD J., SARCIA C., BOURG A., CHAUVOT I. — Métaux toxiques dans les sols de la zone d'épandage de la station d'Achères. 78 p., 14 ill., 2 CA.

82.SGN.200.GEG
MORAND O., MAUBERT F. — Notice d'impact annexée à la demande de concession ou à défaut de permis d'exploitation pour le gisement de Montredon-Labessonié. 18 p., 1 ill., 4 CA.

82.SGN.361.NPC
BECKELYNCK J., GAILLARD J.-G., WINDELS F. — S.E.R.T.I.R.U. Centre de transfert de résidus industriels à Prouvy (Nord). Étude hydrogéologique complémentaire. 22 p., 6 ill., 5 CA.

82.SGN.403.ENV
SAUTER M. — Constat d'impact de trois mines souterraines 1. Le cas de la mine de Noailhac-Saint-Salvy (Tarn). 49 p., 7 ill., 3 CA.

82.SGN.506.BOU
BILLARD G., MARY J.-P. — Région Bourgogne. Détection et protection des pollutions de l'eau. Rapport n° 1. État des connaissances actuelles sur les circulations d'eau souterraine en milieux karstiques. 50 p., 48 ill., 4 CA.

82.SGN.517.NPC
BOVE Y. — Entreprise Meurisse. Direction départementale de l'équipement Arras (Pas-de-Calais). Autoroute C 26. Rocade minière. Création de 7 bassins d'absorption. Étude préalable des capacités de la craie. 12 p., 8 ill., 6 CA.

82.SGN.589.NPC
LEPLAT J., TALBOT A. — D.D.E. (Nord). Contribution à l'étude d'impact sur l'environnement de la future voie rapide urbaine Lille-Roubaix-Tourcoing. 12 p., 2 ill.

82.SGN.649.NPC
PINTE J.-C. — S.Y.P.E.M. D.D.A. du Nord, Avelin (Nord). Emissaire pluvial et bassin d'infiltration. Étude préalable des capacités d'absorption de la craie. 10 p., 4 ill., 1 CA.

82.SGN.697.IDF
CAMPINCHI J. — Réseau de surveillance hydrochimique des nappes d'eaux souterraines en Seine-et-Marne (situation fin 1981). 66 p., 21 ill., 3 CA.

82.SGN.648.ENV.
MAUBERT F. — Synthèse des données législatives relatives à l'exploitation des carrières, aux défrichements des bois et aux installations de traitement des matériaux. 27 p., 2 ill.

82.SGN.839.AUV
BOIS J., d'ARCY D., FARIGOULE Y., MISHELLANY A. — Étude préalable à l'établissement d'un schéma d'exploitation coordonné des carrières dans la région de Pont-du-Château et des Martres d'Artière (Puy-de-Dôme). 49 p., 7 ill., 5 CA.

82.SGN.850.ENV
DOMINICI R., LANSIART M., ROSSI R. — Aménagement hydro-électrique de la Gravona à Bocognano (Corse du Sud). Étude d'impact. 55 p., 8 ill., 2 CA.

82.SGN.866.ENV
MAUBERT F. — Constat d'impact de trois mines souterraines 2. Le cas de la mine de Salau (Ariège). 79 p.; 10 ill., 5 CA.

82.SGN.867.ENV
SAUTER M. — Constat d'impact de trois mines souterraines. 3 Le cas de la mine de Salsigne (Aude). 63 p., 11 ill., 3 CA.

82.SGN.872.IDF
MERCIER R., BERGER G., BERGERON G. — Étude hydrogéologique de la pollution bactériologique et virale à l'automne 1981 du Puits des Bimes (Mareil-sur-Mauldre-Yvelines). 41 p., 2 ill., 6 CA.

82.SGN.877.IDF
MERCIER R. — Étude de l'environnement et du contexte hydrogéologique et technique des champs captants dits de Croissy (Yvelines). 35 p., 4 ill., 3 CA.

82.SGN.880.IDF
ANDRÉ P. — Étude préliminaire à la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans le département de l'Essonne. 50 p., 32 ill., 14 CA.

82.SGN.908.NPC
BECKELYNCK J. — S.I.A.D.O. Syndicat intercommunal d'assainissement de Douai-Ouest (Nord). Projet de recalibrage du cours de l'Escrebieux. Analyse du contexte hydrogéologique et hydrochimique. 46 p., 33 ill., 4 CA.

82.SGN.976.IDF
CAMPINCHI J. — Protection générale du gisement hydrominéral d'Enghien-les-Bains (Val-d'Oise). Essai de définition et de délimitation des risques potentiels. Mesures de protection. 42 p., 7 ill., 4 CA.

82.SGN.991.STO
LALLEMAND-BARRÈS A. — Le rejet de déchets liquides par injection dans le sous-sol : exemples de réalisations, étude documentaire. 84 p., 16 ill., 4 CA.

83.SGN.012.LOR
ALLEMMOZ M. — Qualité des eaux de la nappe des grès du Trias inférieur dans le département de la Moselle. Interprétation et cartographie. 14 p.

83.SGN.016.EAU
LANDREAU A., MORISOT A. — Évaluation de la vulnérabilité des aquifères libres aux nitrates d'origine agricole. 56 p., 12 ill., 8 CA.

83.SGN.017.EAU
DION J., QUELENNEC R.-E. — La gestion régionale des sédiments, interaction « eaux-sédiments ». Guide bibliographique. 50 p.

83.SGN.025.CSC
CORDOLEANI C., DOMINICI R., GARNIER J.-L., QUELENNEC R.-E. — Carrières de roches alluvionnaires, en eau de la vallée de la Gravona (Corse du Sud). Étude d'impact. 93 p., 26 ill., 16 CA.

83.SGN.026.CSC
CORDOLEANI C., DOMINICI R., GARNIER J.-L., QUELENNEC R.-E., JUNCY G. — Carrières de roches alluvionnaires en eau de la vallée de Gravona (corse du Sud). Étude d'impact. 93 p., 25 ill., 20 CA.

83.SGN.029.GEO
BECQ-GIRAUDON J.-F., JACOB Cl., PLATEL J.-P. — Inventaire des formations susceptibles de contenir des paléokarts sous couverture imperméable en France métropolitaine.

83.SGN.048.CEN
ALLARD J.-F., GALLE, CAVALLONI H. — Nappe du Calcaire de Beauce. Inventaire des points d'absorption en région Centre - 21 communes (Loiret, Eure-et-Loire). 19 p., 2 ill.

83.SGN.066.CEN
ALLARD J.-F., GALLE CAVALLONI H. — Nappe du Calcaire de Beauce, évolution de la teneur en nitrates sur quelques AEP en région Centre, Loiret, Loir-et-Cher, Eure-et-Loir. 15 p., 24 ill., 2 CA.

83.SGN.049.EAU
DESPREZ N., LANDREAU A., VOGT D. — Évaluation de la vulnérabilité des aquifères libres du département de l'Indre-et-Loire aux nitrates d'origine agricole. 28 p., 4 ill., 6 CA.

83.SGN.063.NPC
BECKELYNCK J., DEBRAINE M.-H. — A.N.R.E.D. Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets. Production et récupération de méthane en décharge. Les sites de Beuvry-la-Forêt (Nord) et de Hersin-Coupigny (Pas-de-Calais). Aménagement et équipement des alvéoles expérimentales. 29 p., 19 ill., 3 CA.

83.SGN.096.GEG
MARGRON P., MAUBERT F., SIONNEAU J.-M., CARLY R., ETIENNE H. — Étude technico-économique et d'environnement pour l'implantation d'une digue à stériles à Rouez (Sarthe). 64 p., 7 ill., 5 CA.

83.SGN.113.ALS
RINCK G. — Département du Bas-Rhin, contrôle de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la forêt rhénane au niveau de la Wantzenau en 1982. 12 p., 1 CA.

83.SGN.115.CEN
DESPREZ N. — Étude de la stratification chimique dans la partie libre de la nappe des Calcaires de Beauce (Loiret). 29 p., 8 ill., 6 CA.

83.SGN.116.CEN
DESPREZ N. — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population des communes de : Neuville-aux-Bois, Ruan, Villereau. 19 p. 15 ill., 17 CA.

83.SGN.139.ALS
DAESSLE M. — Problème du fer et du manganèse dans les eaux souterraines en Alsace. 15 p., 2 CA.

83.SGN.152.ALS
RINCK G. — Pollution de la nappe phréatique par hydrocarbures, contrôle de la qualité des eaux en 1982. 4 p., 1 CA.

83.SGN.183.MPY
COURTOT P., GALHARAGUE J., PILET P. — Carrière de Gintrac : risques géologiques liés aux tirs de mine de la carrière vis-à-vis du réseau du goufre de Padirac et de son environnement spéléologique. 10 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.185.BOU
BILLARD G. — Commune de Merry-la-Vallée (Yonne). Possibilité de remise en eau de l'étang du Rossignol. Avis géologique. 6 p., 2 CA.

83.SGN.186.BOU
BILLARD G. — Incidence des dragages en Saońe au droit des captages de Crèches-sur-Saońe (Saône-et-Loire) : avis hydrogéologique. 6 p., 2 ill., 1 CA.

83.SGN.197.IDF
RICH X., COURTOT P. — Recherche par forage d'un gîte géothermique à basse température dans l'aquifère du Dogger. Projet d'Aulnay-sous-Bois (Villeneuve Gros Saule). Étude d'impact. 82 p., 6 ill., 9 CA.

83.SGN.205.AQI
TEISSIER J.-L. — Ville de Dax. Unité de production thermale des Baignots (forage d'exploitation « Les Baignots 3 » et puits annexe. Recherche des causes de la détérioration qualitative des eaux thermales. Proposition de rénovation de l'unité de production. 23 p., 3 ill., 1 CA.

83.SGN.214.MIN
CLIN F. — Étude d'un procédé de fabrication de combustibles dérivés des fractions à haut contenu énergétique triées des ordures ménagères. 39 p., 27 ill.

83.SGN.215.ALS
RINCK G. — Raffinerie de Strasbourg, pollution de la nappe phréatique par hydrocarbures suite à la fuite du pipeline de la raffinerie de Strasbourg dans le secteur de la Wantzenau-Kilstett. Compte rendu des travaux de dépollution et contrôle de nappe du début décembre 1982 à mi-février 1983. 11 p., 5 CA.

83.SGN.220.CEN
CHIGOT D. — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population de la commune de Briare (Loiret). 28 p., 3 ill., 6 CA.

83.SGN.229.BOU
BILLARD G. — Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans le département de l'Yonne : interprétation des résultats de la campagne de mesures 1981. 5 p., 50 ill., 2 CA.

83.SGN.231.IDF
CAMART R., COURTOT P. — Recherche par forage d'un gîte géothermique à basse température dans l'aquifère du Dogger : projet de Verneuil-Vernouillet (Yvelines) : étude d'impact. 60 p., 8 ill., 4 CA.

83.SGN.234.LOR
MAIAUX C. — Exploitation de Graves dans la vallée de la Meurthe à Saulcy-sur-Meurthe (Vosges) : renouvellement d'autorisation et projet d'aménagement final de la Gravière : étude d'impact. 67 p., 29 ill., 14 CA.

83.SGN.240.CEN
DESPREZ N. — Sites de décharges industrielles en région Centre, inventaire des formations géologiques peu perméables. 12 p., 1 CA.

83.SGN.241.ENV
MAUBERT F., SAUTER M., CARLY R. — Inventaire des expériences de réaménagement de mines. 127 p., 16 ill., 16 CA.

83.SGN.246.PAC
DELLERY B. — Compte rendu d'opération de réaménagement de la carrière du Marbre noir, Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône). 14 p., 8 ill., 2 CA.

83.SGN.248.ENV
MAUBERT F. — Synthèse des données législatives relatives à l'environnement des exploitations minières. 58 p., 1 ill.

83.SGN.262.ALS
GRANDAROVSKI G. — Commission interministérielle d'étude de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace. Le réseau qualité. Situation 1982. 17 p., 1 CA.

83.SGN.263.BOU
BILLARD G. — Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans le département de l'Yonne : interprétation des résultats de la campagne de mesures 1982. 5 p., 49 ill., 2 CA.

83.SGN.275.MAR
COLLECTIF B.R.G.M. — Geophysical survey el Dabaa (Arab Republic of Egypt). 27 p.

83.SGN.278.IDF
CAMPINCHI J., MORCX P. — Projet d'implantation d'une décharge d'ordures ménagères sur la commune de Beauvoir (Seine-et-Marne) : étude d'impact hydrogéologique. 15 p., 4 ill. 1 CA.

83.SGN.285.NPC
BECKELYNCK J., BOVE Y. — District d'Henin-Carvin (Pas-de-Calais). Aménagement d'une zone marécageuse en plan d'eau à Evin-Malmaison (Pas-de-Calais). Étude de faisabilité. 9 p., 2 ill., 2 CA.

83.SGN.289.CSC
DOMINICI R. — Vulnérabilité des captages destinés à l'alimentation en eau potable, département de la Haute-Corse : rapport de synthèse. 11 p.

83.SGN.290.CSC
RABIER P. — Projet de construction d'un centre aéré sur la commune de Rutali (Haute-Corse) : étude des sols préalables. 8 p., 1 ill., 1 CA.

83.SGN.298.CEN
DESPREZ N. — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population des communes de : Patay, Charsonville, Coinces, Tournoisis, Bricy, Boulay-les-Barres, Epieds-en-Beauce et du syndicat intercommunal de Germigny. 163 p., 33 ill., 37 CA.

83.SGN.299.ALS
RINCK G. — Usine Rhône-Poulenc à Chalampe. Contrôle de la qualité des eaux de la nappe phréatique au droit de l'usine en amont des puits P 15 et P 16. 8 p., 1 CA.

83.SGN.303.EAU
BERNARD D., ROUSSEL P. — Séminaire sur les stratégies et pratiques de protection des eaux souterraines organisé par les Nations Unies et la commission économique pour l'Europe. Athènes, octobre 1983. 26 p., 5 ill., 1 CA.

83.SGN.323.CEN
CHIGOT D. — Commune de Nargis (Loiret). Étude hydrogéologique pour l'amélioration de la qualité des eaux distribuées. 25 p., 2 ill., 6 CA.

83.SGN.345.IDF
BERGER G., BOSCH B., MAZENC B. — Étude de l'incidence des rejets atmosphériques du complexe industriel de Grandpuits (Seine-et-Marne, France) sur le chimisme des eaux de pluie et des eaux souterraines. Contrat ENV.379.F (G). 58 p., 10 ill., 1 CA.

83.SGN.350.NPC
BECKELYNCK J., DROZ B., GAILLARD J.-G., ROSSIGNOL F. — Société eau et force, Valenciennes (Nord). Étude de la pollution sulfatée du champ captant de Vicq (Nord). Moyens de remédier à sa détérioration. 21 p., 8 ill., 5 CA.

83.SGN.366.LOR
LEBON P. — C.D.F. chimie, triangle de Carling. Résorption de la pollution de la nappe des Grès vosgiens. Caractérisation de la compressibilité des déchets stockés. 10 p., 19 ill.

83.SGN.386.EAU
LANDREAU A., SAUTER M. — Éléments de microbiologie des eaux. 26 p., 14 ill.

83.SGN.387.ALS
RINCK G. — S.I.C.O.M. de Molsheim et environs. Recherches de sites de décharges de résidus urbains. 5 p., 5 CA.

83.SGN.408.MPY
SOULE J.-C. — Essai de détermination des contaminations des nappes alluviales par les nitrates à partir des analyses de contrôle d'eau potable (Haute-Garonne). 5 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.424.AUV
COLLECTIF B.R.G.M. — Aménagement de Monfermy. Notice d'impact, annexée à la demande d'autorisation d'ouverture de carrière Bromont Lamothe (Puy-de-Dôme). 44 p., 11 ill., 5 CA.

83.SGN.427.ALS
GRANDAROVSKI G. — Surveillance de la qualité de l'eau du secteur alluvial à l'Ouest de Strasbourg exploité par les puits de la brasserie Kronenbourg et profils sur les puits de la brasserie. 15 p., 3 CA.

83.SGN.432.LOR
LEBON P. — Pont-à-Mousson S.A. Unité de production de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle). Caractérisation mécanique des déchets entreposés entre Canal et Moselle. 8 p., 12 ill., 2 CA.

83.SGN.443.LOR
LEBON P. — C.D.F. Chimie triangle de Carling (Moselle). Résorption de la pollution de la nappe des Grès vosgiens. Étude de la stabilité du remblai de la voie ferrée. 9 p., 10 ill., 2 CA.

83.SGN.451.NPC
TALBOT A., DEBRAINE M.-H. — France-déchets. Étude d'impact d'un projet de décharge contrôlée à Maing (Nord). 18 p., 2 ill., 4 CA.

83.SGN.460.EAU
LANDREAU A. — Programme pluriannuel. Prévision et prévention de la pollution de l'eau souterraine. 21 p., 7 ill., 2 CA.

83.SGN.469.ALS
RINCK G. — Pollution de la nappe phréatique par hydrocarbures suite à la fuite du pipeline de la raffinerie de Strasbourg dans le secteur de la Wantzenau-Kilstett. Compte rendu des contrôles mensuels de la nappe phréatique de février à avril 1983. 6 p., 2 CA.

83.SGN.470.ALS
GOUISSET Y., BABOT Y. — Agence financière de bassin Rhin-Meuse. Inventaire du degré de pollution des sédiments des cours d'eau. 106 p., 66 ill., 9 CA.

83.SGN.475.AQI
ALVINERIE J., LANSIART M., RUHARD J.-P. — Étude d'impact pour stockage de boues urbaines. 31 p., 7 ill., 2 CA.

83.SGN.476.ENV
BARRES M., BROSSIER G., SAUTER M. — Étude des effluents issus d'une décharge mixte de déchets urbains et de boues industrielles. Première phase : rapport de fin de contrat (action concertée N. 80.250). 30 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.484.ALS
KREBS G. — Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique dans le département du Haut-Rhin. 32 p., 7 ill., 4 CA.

83.SGN.497.ALS
JOLY P. — Tuileries réunies du Bas-Rhin. Extension de la carrière de Lixhausen. Étude d'impact. 14 p., 17 ill., 4 CA.

83.SGN.499.NPC
TALBOT A. — D.R.I.R. Région Nord-Pas-de-Calais. Impact des prélèvements prévus par la C.G.E. à Noyelles-Godault (Pas-de-Calais). 14 p., 2 ill., 4 CA.

83.SGN.504.PAC
DELLERY B., PELISSIER H., ZANFONI A. — Ile du Frioul. Étude préalable au réaménagement de la carrière. Aspects, sécurité et paysages. 25 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.509.ALS
RINCK G. — Société coopérative d'habitation à loyer modéré. Pollution par hydrocarbures. Rue Baumann à Illkirch. Reconnaissance de l'extension de la pollution. Premières mesures de dépollution. 5 p., 1 ill., 1 CA.

83.SGN.514.CEN
CHEVREL S., COURTOT P., LANSIART M. — Sablières de Vougon. Projet d'extension (communes de St-Georges-de-Poisieux et Drevant (Loir-et-Cher). Étude d'impact. 58 p., 6 ill., 10 CA.

83.SGN.518.BOU
ROYER J.-M., GOUISSET Y. — Influence de l'ouverture d'une carrière sur la nappe des Tilles (Côte-d'Or). Étude par simulation sur modèle. 12 p., 4 ill., 2 CA.

83.SGN.533.ALS
KIEFFER C. — Société Saral. Chantier de stockage et de récupération de déchets de métaux, objets en métal et carcasses de véhicules à Saales (Bas-Rhin) : impact concernant le sous-sol et les eaux. 3 p., 2 CA.

83.SGN.534.NPC
AUSSOLEIL J.-L., BECKELYNCK J., TALBOT A. — Société des eaux du Nord. Proposition d'amélioration de la qualité de l'eau des captages d'Esquerchin et de Flers-en-Escrebieux. Constat de la situation et ébauche des remèdes. 98 p., 46 ill., 9 CA.

83.SGN.546.CEN
DESPREZ N. — Étude pour l'amélioration de la qualité chimique des eaux distribuées à la population de Nancray-sur-Rimarde (Loiret). 15 p., 4 ill., 3 CA.

83.SGN.556.CEN
DESPREZ N., PASQUET R. — Étude hydrogéologique du dépôt d'hydrocarbures de la raffinerie du Midi à St-Jean-de-Braye (Loiret). 19 p., 5 ill., 5 CA.

83.SGN.577.CEN
CHIGOT D. — Étude hydrogéologique relative à la lutte contre les nitrates. Secteur du SIVOM de Chatillon-Coligny (Loiret). 96 p., 8 ill., 31 CA.

83.SGN.582.ENV
CARLY R. — Recueil de données sur le réaménagement des sites miniers. 264 p., 41 ill., 5 CA.

83.SGN.588.ENV
BARRES M., SAUTER M., BROSSIER G., VERNET R. — Poursuite de l'étude de la digue à stériles de Noailhac-St-Salvy (Tarn). Résultats obtenus en 1981-1982. Action concertée N.80-250 (SDS-80-301). 26 p., 11 ill., 1 CA.

83.SGN.595.ALS
GRANDAROVSKI G. — Syndicat intercommunal à vocation multiple « SIVOM Hardt Nord ». Étude hydrogéologique de l'extension de la décharge de Dessenheim. 15 p., 6 ill., 4 CA.

83.SGN.597.IDF
RICARD J., RICH X., COURTOT P. — Recherche par forage d'un gîte géothermique à basse température dans l'aquifère du Dogger. Projet de Champigny-sur-Marne (Val-de-Marne). Étude d'impact. 67 p., 8 ill., 3 CA.

83.SGN.619.ALS
GRANDAROVSKI G. — Brasserie Kronenbourg. Étude d'impact sur la nappe phréatique de la brasserie K1 à Strasbourg Cronenbourg. 10 p., 3 ill., 1 CA.

83.SGN.628.NPC
ALBAGNAC G., DUBOURGUIER H.-C., BECKELYNCK J., DEBRAINE M.-H. — A.N.R.E.D. production et récupération de méthane en décharge. Compte rendu des études sur les alvéoles expérimentales. Synthèse à la date du 30/06/83. 25 p., 15 ill., 1 CA.

83.SGN.632.CEN
CHIGOT D. — Étude pour l'amélioration de la qualité de l'eau distribuée dans les communes de : Guillonville, Bazoches-en-Dunois, Péronville, Villampuy, St-Cloud-en-Dunois, Ozoir-le-Breuil (Eure-et-Loir). 127 p., 26 ill., 31 CA.

83.SGN.634.CSC
DOMINICI R. — Décharge d'ordures ménagères du syndicat intercommunal de Belgodère, commune d'Occhiatana (Hte-Corse). Étude d'impact. 40 p., 6 ill., 5 CA.

83.SGN.648.NPC
BECKELYNCK J., WINDELS F. — A.N.R.E.D. Production et récupération de méthane en décharge. Ancienne décharge de Fretin (Nord). Compte rendu des travaux de forages et d'équipement du site expérimental. 14 p., 14 ill., 2 CA.

83.SGN.735.ENV
PERSON J. — Formalités administratives pour l'exploitation et l'utilisation du sous-sol. 54 p.

83.SGN.761.GTH
LANSIART M., TONNON J.-N. — Aménagement hydroélectrique de cinq sites en Basse-Normandie. Étude de faisabilité. 135 p., 22 ill., 5 CA.

83.SGN.766.ALS
DAESSE M. — Mine de potasse d'Alsace. Salure de la nappe phréatique. Programme de géophysique 1983. Profils et sondages électriques de résistivité ; comparaison avec les mesures antérieures. 9 p., 5 ill. 1 CA.

83.SGN.815.ALS
BABOT Y., RISLER J.-J. — Étude complémentaire de l'hydrogéologie de la Grande oolithe au Sud et à l'Ouest du fossé de Dannemarie. 15 p., 13 ill., 13 CA.

83.SGN.816.ALS
LETTERMANN M. — Étude complémentaire de l'hydrogéologie de la Grande oolithe. Secteur du site franco-allemand (Blodelsheim - Buggingen - Ottmarsheim). 17 p., 13 ill., 12 CA.

83.SGN.826.NPC
TALBOT A., BAILLY S. — Société métallurgique de l'Escaut, Trith-Saint-Léger (Nord). Analyse du contexte géologique et hydrogéologique de l'ancien crassier d'Usinor. 14 p., 4 ill., 4 CA.

83.SGN.836.ALS
VANCON J.-P., CHEMIN J. — Impact des travaux du chantier d'extension portuaire en baie de la Possession (Ile de la Réunion) : étude sur modèle. 7 p., 13 ill., 2 CA.

83.SGN.839.ENV
COLLECTIF A.N.R.E.D.-B.R.G.M. — Expériences nationales de réutilisation de déchets miniers : convention ANRED-B.R.G.M. N.82.54.064. 20 p.

GÉOTECHNIQUE

Sécurité

83.JED.OR.013
LANDRY J., WEBER C. — The Dhamar Earthquake (Yemen Arab Republic) preliminary report (open-file report B.R.G.M.-OF-03-13). 20 p., 1 ill., 1 CA.

78.SGN.184.NPA
ROGEZ J.-M. — Établissement d'une première ligne de métro sur le territoire de la commune urbaine de Lille, reconnaissance géotechnique par puits. 61 p., 91 ill., 7 CA.

82.SGN.009.NPC
BEHETS J.-B. — B.E.R.I.M. commune de Sains-en-Gohelle (Pas-de-Calais). Lieu-dit « Le Fossé d'Elvaut » création d'une ZAC. Examen géotechnique préliminaire des sols de fondation. 14 p., 16 ill., 1 CA.

82.SGN.021.NPC
PINTE J.-C. — Office public d'H.L.M. de la communauté urbaine de Lille, Lille (Nord). Construction de logements collectifs 1re tranche : examen géotechnique des sols de fondation. Rapport récapitulatif des 1re et 2e phases. 13 p., 9 ill., 2 CA.

82.SGN.039.CEN
PASQUET R. — Morogues (Cher). Plan d'eau des Places. Reconnaissance géologique et géotechnique du site. 14 p., 11 ill., 3 CA.

82.SGN.047.NPC
BOVE Y. — Voie rapide urbaine Lille-Roubaix-Tourcoing. Passage en tranchée dans le secteur rue de Flers - rue Darwin. Examen des contraintes hydrogéologiques en phase travaux et en phase exploitation. 25 p., 15 ill., 3 CA.

82.SGN.161.NPC
PINTE J.-C. — Office d'H.L.M. de la commune urbaine de Lille, rue de l'Arbrisseau. Construction d'un bâtiment collectif. Examen géotechnique des sols de fondation, dimensionnement des pieux. 9 p., 2 ill., 2 CA.

82.SGN.178.NPC
BOVE Y. — Métro de la communauté urbaine de Lille ligne 1. C.H.R. prolongement du Lot 8 B. Reconnaissance géologique et géotechnique préalable. 16 p., 13 ill., 2 CA.

82.SGN.211.IDF
CAMPINCHI J., RICHARD M., SIMON J.-M. — Reconnaissance hydrogéologique et géotechnique de la Z.A.C. du Front du lac à Enghien-les-Bains (Val d'Oise). 53 p., 19 ill., 9 CA.

82.SGN.258.NPC
DIEUDONNÉ A., CHAUVIN A., BOVE Y. — Communauté urbaine de Lille. Métro ligne 1 bis. Examen géologique et géotechnique au stade de l'avant-projet sommaire. 50 p., 65 ill., 4 CA.

82.SGN.358.NPC
PINTE J.-C. — S.A.E.N. entreprise Pontignac. La Bassée (Nord). Zone industrielle (R.N. 347). Examen préliminaire des caractéristiques générales du sous-sol. 13 p., 9 ill., 2 CA.

82.SGN.367.NPC
DIEUDONNÉ A. — Association diocésaine de Lille. Villeneuve-d'Ascq (Nord). Place de Venise. Construction d'une chapelle. Étude géotechnique des sols de fondation. 7 p., 4 ill., 2 CA.

82.SGN.368.NPC
BOVE Y. — S.E.R.G.I.C. Lille (Nord). Rues de la Monnaie, du Palais-de-Justice et Alphonse-Colas. Construction d'un immeuble R+3. Examen géotechnique des sols de fondation. 25 p., 10 ill., 2 CA.

82.SGN.385.NPC
PINTE J.-C. — Communauté urbaine de Lille. Service architecture. Tourcoing (Nord). Construction d'une gare autobus-Mongy. Examen géotechnique des sols de fondation. 14 p., 5 ill., 2 CA.

82.SGN.407.NPC
DIEUDONNÉ A. — Direction opérationnelle des télécommunications, Lens (Pas-de-Calais), rue René-Landy. Construction d'un nouveau bâtiment pour la D.O.T. Étude géotechnique des sols de fondation au stade de l'avant-projet détaillé. 22 p., 10 ill., 1 CA.

82.SGN.424.NPC
PINTE J.-C. — Office public d'H.L.M. de la communauté urbaine de Lille, Lille (Nord), rue Boucher-de-Perthes. Construction de logements collectifs. Examen géotechnique des sols de fondation. 16 p., 17 ill., 2 CA.

82.SGN.427.NPC
BOVE Y. — Groupe gazier nord. Étaples (Pas-de-Calais). Pose d'un gazoduc diamètre 200. Passage de la Canche en Souille. Examen géologique et géotechnique préliminaire. 8 p., 7 ill., 2 CA.

82.SGN.536.NPC
DIEUDONNÉ A. — S.A. d'H.L.M. du Hainaut. Vieux-Condé (Nord), rue Gustave-Delory. Construction de 55 logements individuels. Examen géotechnique des sols de fondation. 10 p., 9 ill., 2 CA.

82.SGN.547.NPC
PINTE J.-C. — SIVOM des cantons de Bourbourg-Gravelines Watten (Nord). Station d'épuration. Examen d'un mode de fondation profond. 10 p., 5 ill., 1 CA.

82.SGN.570.NPC
DIEUDONNÉ A. — Valenciennes (Nord). Rue St-Nicolas. Construction de 2 logements de fonction. Examen géotechnique des sols de fondation. 10 p., 14 ill., 2 CA.

82.SGN.578.NPC
DIEUDONNÉ A. — Société anonyme d'H.L.M. du Hainaut, Quievrechain (Nord), rue de la Mine. Construction de logements collectifs. Examen géotechnique des sols de fondation. 9 p., 6 ill., 2 CA.

82.SGN.642.NPC
BOVE Y., CHAUVIN A. — Communauté urbaine de Lille. Métro ligne 1 bis (tronçon Dorez-Gare). Examen géologique et géotechnique sommaire au stade de deux variantes de tracé du projet. 23 p., 16 ill., 2 CA.

82.SGN.735.NPC
BOVE Y. — Communauté urbaine de Lille. Service architecture et travaux neufs. Mons-en-Barœul (Nord). Construction du groupe scolaire IV bis. Dimensionnement d'un mode de fondation profond par pieux. 11 p., 3 ill., 2 CA.

82.SGN.753.PAC
DELLERY B., ZANFONI A. — Résultats géologique, hydrogéologique et géotechnique de la 2e ligne du métropolitain de Marseille : première phase. 19 p., 10 ill., 2 CA.

82.SGN.808.NPC
BOVE Y. — Communauté urbaine de Lille : Mons-en-Barœul (Nord), avenue Adenauer C.E.S. Rabelais. Examen des désordres survenus au bâtiment externat et des possibilités de reprise en sous-œuvre. 15 p., 7 ill., 2 CA.

82.SGN.854.NPC
BEHETS J.-B. — Port de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). Création d'un nouvel appontement pour ferry-boats (poste 16). Étude géotechnique complémentaire des sols de fondation. 14 p., 2 ill., 2 CA.

82.SGN.858.NPC
BOVE Y. — Ville de Cambrai, Cambrai (Nord). Les résidences de Corsignies, allée St-Roch. Examen géotechnique des sols de fondation. 20 p., 22 ill., 2 CA.

82.SGN.911.MAR
LEFÈVRE P., THISSE Y. — Reconnaissance par sondages du site d'implantation d'une plate-forme au large de Bermeo (Espagne). Rapport technique de la mission de sondages du 23 au 31 octobre 1982. 6 p.

82.SGN.915.PAC
GOUNON A. — Tunnel de St-Laurent - Cap-d'Ail (Alpes-Maritimes). Travaux de confortement exécutés sur la paroi rocheuse au-dessus de la tête Vintimille. 17 p., 7 ill., 2 CA.

82.SGN.918.CEN
PASQUET R., MARTIN C., PONTILLON L., GALLAS J.-C., LESIEUR A. — Doublement de la R.N. 60 entre Orléans et Châteauneuf-sur-Loire (Loiret). 2e tranche - PK 11 à PK 20,6. Compte rendu des essais de contrôle des terrassements généraux. 34 p., 121 ill., 2 CA.

82.SGN.922.NPC
PINTE J.-C. — Lys-lez-Lannoy (Nord). Construction d'un nouvel hôtel de ville rue Jules-Guesde. Examen géotechnique des sols de fondation. 12 p., 9 ill., 2 CA.

82.SGN.930.NPC
PINTE J.-C. — Leers (Nord). Construction d'un C.E.S. 600, rue Roger-Salengro. Examen géotechnique des sols de fondation. 11 p., 7 ill., 2 CA.

82.SGN.954.NPC
BOVE Y. — La Gorgue (Nord). Construction d'une usine relais rue de la Lys. Examen géotechnique des sols de fondation. 14 p., 7 ill., 2 CA.

82.SGN.955.NPC
PINTE J.-C. — Crochte (Nord). Construction d'une station d'épuration examen géotechnique des sols de fondation au stade de l'avant-projet sommaire. 10 p., 4 ill., 2 CA.

82.SGN.967.NPC
BOVE Y. — Berim, Syndicat intercommunal de la région de Douai. Sin-le-Noble (Nord). Extension de l'usine de traitement d'ordures ménagères : examen hydro-géotechnique des sols de fondation. 23 p., 8 ill., 8 CA.

82.SGN.968.NPC
PINTE J.-C. — O.P.H.L.M. de la C.U.D.L. Lille (Nord). Construction de 26 logements locatifs, rue Monge et rue de Seclin. Examen géotechnique des sols de fondation. 11 p., 6 ill., 1 CA.

82.SGN.977.IDF
MADELAINE B., OGIER M., SARRADIN J., ALLIEZ V. — Études et travaux de comblement des cavités de l'avenue de la Résistance (N.94-96). 53 p., 26 ill., 15 CA.

83.SGN.009.NPC
PINTE J.-C. — C.U.D.L. service architecture. Wattrelos (Nord). Construction d'un L.E.P. au lieu-dit « Le Cretinier » : examen géotechnique des sols de fondation. 16 p., 13 ill., 2 CA.

83.SGN.006.CSC
RABIER P., JUNCY G. — Projet d'usine S.C.A.M.E.R.A. Z.I. du Vazzio, Ajaccio. Étude des sols préalable. 18 p., 2 ill., 2 CA.

83.SGN.033.NPC
PINTE J.-C. — Entreprise Nord-France Ronchin (Nord). Construction d'un bâtiment industriel pour la Société E.C.L. Recherche de vides et examen géotechnique des sols de fondation. 12 p., 47 ill., 2 CA.

83.SGN.056.GEG
BILLAUX D., MARGRON P. — Centre de vacances Georama à Saint-Marc-sur-Mer (Saint-Nazaire). Étude de la stabilité de la falaise côtière. 22 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.057.PAC
DELLERY B., ZANFONI A. — Résultats géologique, hydrogéologique et géotechnique de la 2e ligne du métropolitain de Marseille : deuxième phase. Rapport 2. 23 p., 13 ill., 3 CA.

83.SGN.073.NPC
BOVE Y. — Péchiney-Ugine-Kuhlmann Wattrelos (Nord), rue Berthelot. Examen de la stabilité du terril. 14 p., 12 ill., 2 CA.

83.SGN.074.NPC
PINTE J.-C. — Office public d'H.L.M. de la communauté urbaine de Lille, Lille (Nord). Rue des Célestines. Construction de 39 logements. Examen géotechnique des sols de fondation. 13 p., 6 ill., 4 CA.

83.SGN.090.CSC
JUNCY G., RABIER P. — Étude de sol préliminaire à la construction des infrastructures du village de toile C.C.A.S. commune de Borgo (Hte-Corse). 10 p., 1 ill., 2 CA.

83.SGN.108.NPC
PINTE J.-C. — Direction des postes de la région Nord - Pas-de-Calais, Mortagne-du-Nord (Nord). Construction d'un hôtel des postes. Examen géotechnique des sols de fondation. 8 p., 6 ill., 1 CA.

83.SGN.109.NPC
PINTE J.-C. — Entreprise Rabot-Dutilleul, Templemars (Nord). Construction d'un hangar pour le C.R.T.S. Recherche de vides et examen géotechnique des sols de fondation. 12 p., 14 ill., 1 CA.

83.SGN.124.NPC
PINTE J.-C. — Communauté urbaine de Lille. Service architecture Hellemmes-Lille (Nord). Extension du C.E.S. St-Exupéry. Examen géotechnique des sols de fondation. 10 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.125.NPC
PINTE J.-C. — Office public d'H.L.M. de la communauté urbaine de Lille. Construction de logements locatifs, rue des Tours. Examen géotechnique complémentaire des sols de fondation. 10 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.138.NPC
BOVE Y. — S.A. d'H.L.M. « Le Logement rural » commune de Marœuil (Pas-de-Calais), rue du Moulin. Construction de 42 logements individuels. Examen géotechnique des sols de fondation. 14 p., 20 ill., 1 CA.

83.SGN.146.LIM
CONSTANS J. — Commune de Brive-la-Gaillarde (Aveyron). Étude d'une zone de risques liés aux chutes de rochers dominant l'aire d'aménagement de la carrière des Perrières. 28 p., 2 CA.

83.SGN.158.GEG
D'ARCY D., WOJTKOWIAK F. — Étude hydro-géotechnique préalable à l'établissement du projet de réaménagement de l'ancienne carrière de Boisséjour, commune de Ceyrat (Puy-de-Dôme). 14 p., 8 ill., 1 CA.

83.SGN.184.MPY
BONNART J.-M., GALHARAGUE J., MAILLARD J., SCHWARTZ J. — Étude de faisabilité du barrage de Roc-du-Saut-sur-la-Lère (Tarn-et-Garonne). Travaux de reconnaissance, 2e phase. 35 p., 80 ill., 3 CA.

83.SGN.195.CEN
PASQUET R. — Usine Matra-Romorantin (Loir-et-Cher) : reconnaissance des sols de fondation. 12 p., 8 ill., 2 CA.

83.SGN.236.NPC
BOVE Y. — Pontignac S.A. d'H.L.M. du Hainaut, Raismes (Nord), rue Marcel-Sembat. Construction de 103 logements lotissement « La Cacherue » et d'un foyer pour personnes âgées. Examen géotechnique des sols de fondation. 9 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.284.GEO
F. GIRAULT et G. WEECKSTEEN. — Recherche des zones de risque par étude photogéologique du tracé du T.G.V. Atlantique entre la gare de Massy-Palaiseau et Bonneval (Eure-et-Loir).

83.SGN.292.LOR
RICOUR J. — Fonds commun des saliniers : surveillance hydrogéotechnique dans la région de Dombasle (Meurthe-et-Moselle). 15 p., 19 ill., 1 CA.

83.SGN.304.NPC
BEHETS J.-B., BOVE Y. — Ville de Laon (Aisne). Promenade Saint-Martin et R.N. 2. Étude géologique, hydrogéologique et géotechnique des glissements de terrain. 43 p., 26 ill., 1 CA.

83.SGN.314.NPC
PINTE J.-C. — Société Idoine Loisirs. Omiecourt (Somme). Construction d'une piscine intérieure dans l'habitation de M. Devred. Examen géotechnique des sols de fondation. 8 p., 4 ill., 1 CA.

83.SGN.331.PAC
RABIER P., ZANFONI A. — Étude géologique de stabilité des fronts de la carrière « La Roque de Volx » à Villeneuve (Alpes-de-Haute-Provence). 10 p., 18 ill., 1 CA.

83.SGN.334.GEG
BELPERRON S., SIMON J.-M. — Plate-forme de forage géothermique d'Aulnay-sous-Bois. 8 p., 16 ill., 2 CA.

83.SGN.351.NPC
PINTE J.-C. — S.A. d'H.L.M. « Le Logement rural » Bapaume (Pas-de-Calais). Construction de maisons individuelles cité Bancourt. Examen géotechnique des sols de fondation. 8 p., 10 ill., 2 CA.

83.SGN.372.BOU
ROIGNOT R. — Glissement de terrain à Labergement-les-Seurre (Côte-d'Or). Maison de retraite Cordelier. 5 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.376.NPC
PINTE J.-C. — Entreprise Rabot Dutilleul Croix (Nord). Examen des possibilités de stabilisation du talus S.N.C.F. de la voie Lille-Mouscron. 15 p., 1 CA.

83.SGN.410.NPC
BECKELYNCK J., BOVE Y., LEPLAT J., PINTE J.-C. VOGT J. — Maubeuge (Nord). Société Jeumont-Schneider. Projet de création d'un atelier de maintenance nucléaire. Examens géologique, hydrogéologique, sismologique et géotechnique préliminaires. 44 p., 23 ill., 4 CA.

83.SGN.435.BOU
TOUBIN J. — Étude de stabilité des fronts de taille du parc des carrières du Creusot (Saône-et-Loire). 33 p., 28 ill., 7 CA.

83.SGN.463.NPC
BOVE Y. — Communauté urbaine de Lille (Nord). Service architecture. Tourcoing (Nord). Rue Achille-Testelin. Extension du C.E.S. Lamarlière. Examen géotechnique des sols de fondation. 12 p., 6 ill., 1 CA.

83.SGN.477.NPC
PINTE J.-C. — Office public d'H.L.M. de la communauté urbaine de Lille, Lille (Nord). Résidence Catinat 2e tranche. Construction de logements collectifs et d'une mairie. Calcul des fondations profondes des logements collectifs. 9 p., 2 ill., 1 CA.

83.SGN.482.CEN
PASQUET R. — ZAC des Terres-Blanches à Amilly (Loiret). Reconnaissance géotechnique complémentaire du sol de fondation de 48 pavillons dans la ZAC des Terres-Blanches. 9 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.483.CEN
PASQUET R. — ZAC des Terres-Blanches à Amilly (Loiret). Reconnaissance géotechnique complémentaire du sol de fondation de 15 pavillons dans la ZAC des Terres-Blanches. 7 P., 1 ill., 2 CA.

83.SGN.507.AUV
LANDRY J., BOIS J.-J., MICHAELY B. — Étude géotechnique et géophysique d'un affaissement de terrain survenu dans un quartier de la ville. 8 p., 2 ill., 1 CA.

83.SGN.528.AUV
LANDRY J., MILLON R. — Étude géotechnique et géophysique d'un affaissement de terrain survenu dans un quartier de la ville, écoute sismique (étude complémentaire au rapport 73 SGN 507 AUV). 7 p.

83.SGN.529.CEN
PASQUET R. — Construction d'une salle polyvalente et d'un centre aéré à Mont-près-Chambord (Loir-et-Cher). Étude de fondation. 12 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.548.NPC
PINTE J.-C. — Seclin (Nord). Sucrerie Dujardin. Examen géotechnique de la stabilité des digues. 16 p., 30 ill., 1 CA.

83.SGN.549.NPC
PINTE J.-C. — Communauté urbaine de Lille. Service architecture. Roubaix (Nord). Construction d'un C.E.S. rue de l'Alma. Examen géotechnique des sols de fondation. 14 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.558.AUV
MICHALSKI E.-R. — Construction du Centre géologique régional de Clermont-Ferrand, Auvergne, sur le plateau des Cézeaux à Aubière (Puy-de-Dôme). Étude géotechnique. 10 p., 3 ill., 1 CA.

83.SGN.592.GEG
BERTRAND L., DIEUDONNÉ E., DURAND E. — Étude du comportement à court et moyen termes de cavités souterraines dans la craie (métro de Lille). 129 p., 76 ill., 1 CA.

83.SGN.601.MPY
BONNART J.-M., GALHARAGUE J. — S.N.C.F., région de Toulouse. Ligne de Portet St-Simon à Puigcerda N. 672. Centre de vacances « Le Saquet » à Merens-les-Vals (Ariège). Analyse des risques de chutes de masses rocheuses et définition des moyens de protection. 8 p., 7 ill., 1 CA.

83.SGN.631.CEN
PASQUET R. — Rocade Sud de Pithiviers (Loiret). Avant projet sommaire. Étude géologique et géotechnique. 50 p., 89 ill., 4 CA.

83.SGN.635.CSC
RABIER P. — O.D.H.L.M. de la Haute Corse. Ensemble de 40 logements PLA quartier « ST-Antoine ». Étude des sols préalable. 19 p., 5 ill., 1 CA.

83.SGN.640.MPY
BONNART J.-M. — Caserne Balma Ballon bâtiment 026. Reconnaissance géotechnique des sols de fondation en vue de la recherche des causes de fissuration et des remèdes. 18 p., 19 ill., 1 CA.

83.SGN.641.NPC
PINTE J.-C. — Entreprise Rabot-Dutilleul. Établissement Hervillier, Tourcoing (Nord). Rue du Moulin-Tonton. Construction d'un entrepôt industriel. Examen géotechnique des sols de fondation. 9 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.642.LOR
LEBON P. — S.A. Clair Chêne. Réalisation d'un club sportif vestiaire, squash et hall de 4 courts de tennis 2e tranche. 8 p., 10 ill., 1 CA.

83.SGN.650.LOR
LEBON P. — Sollac. Usine de laminage à froid de Florange-Sainte-Agathe (Moselle). Construction d'un passage inférieur pour le franchissement du CD 18. Étude géotechnique. Rapport d'étude. 13 p., 8 ill., 1 CA.

83.SGN.658.NPC
PINTE J.-C. — Ville de Marc-en-Barœul (Nord). Chemin Poivré. Aménagement d'une zone de loisirs. Examen géotechnique des sols de fondation au stade du dossier programme. 17 p., 10 ill., 1 CA.

83.SGN.678.NPC
BOVE Y. — Groupe gazier-Nord, Boussières-Hautmont (Nord). Pose d'une canalisation diamètre 250, passage de la Sambre en souille et de la voie S.N.C.F. examen géologique et géotechnique préliminaire. 15 p., 9 ill., 1 CA.

83.SGN.685.NPC
PINTE J.-C. — Entreprise Pontignac S.A. d'H.L.M. du département du Nord. Wambrechies (Nord). Construction de 35 logements avenue Foch. Examen géotechnique des sols de fondation. 11 p., 6 ill., 2 CA.

83.SGN.696.NPC
PINTE J.-C. — C.U.D.L. Direction de la Voirie. Ronchin (Nord). Voie nouvelle reliant la rue Charles St-Venant au chemin d'Esquermes. Récapitulatif des travaux antérieurs. Analyse de la zone du patronage. 14 p., 4 ill., 5 CA.

83.SGN.708.CEN
ALLARD J.-F. — Usine Renault d'Orléans La Source (Loiret). Extension du bâtiment B. Reconnaissance géotechnique. 14 p., 11 ill., 1 CA.

83.SGN.712.NPC
PINTE J.-C. — Études et expertises Janpierre-Saugnac, Hem (Nord). Habitation de Monsieur Van Welden. Dimensionnement de fondation par micropieux. 7 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.746.CEN
PASQUET R. — Compagnie générale des eaux de source, usine d'embouteillage La Saussaye - St-Cyr-en-Val (Loiret). Reconnaissance géotechnique. 15 p., 14 ill., 1 CA.

83.SGN.747.NPC
PINTE J.-C. — Société anonyme L'Avesnoise O.T.H. Nord. Wignehies (Nord). Construction de 12 logements. Étude de glissement. 9 p., 5 ill., 2 CA.

83.SGN.809.NPC
PINTE J.-C. — Somanu, Maubeuge (Nord). Z.A.C. de Grevaux-les-Guides. Projet de création d'un atelier de maintenance nucléaire. Examen géotechnique des sols de fondation au stade de l'avant-projet détaillé. 30 p., 16 ill., 2 CA.

83.SGN.825.NPC
PINTE J.-C. — S.A. d'H.L.M. du Hainaut, Avesnes-le-Sec (Nord). Constructions de maisons individuelles. Recherche de vides. 8 p., 11 ill., 1 CA.

83.SGN.854.NPC
PINTE J.-C. — Communauté urbaine de Lille, service architecture, Villeneuve-d'Asqc (Nord), rue de Courtrai. Construction du C.E.S. « La Cousinerie » examen géotechnique des sols de fondation. 9 p., 4 ill., 2 CA.

Risques sismiques

82.SGN.986.GEG
HUMBERT M., GODEFROY P. — Propositions pour une cartographie en France des risques liés aux mouvements de terrain et aux séismes : application à l'élaboration des plans d'exposition aux risques (PER). 58 p., 3 ill.

83.SGR/ALS-RN-SIS.050
J. VOGT. — Remarques sur le séisme du 18 octobre 1083 (Poitou).

83.SGR/ALS-RN-SIS.051
VOGT J.. — L'événement énigmatique d'avril 1870 au cœur de la Bretagne.

83.SGN.054.GEG
GODEFROY P. — Projet de synthèse sismotectonique du Bassin méditerranéen. 61 p.

83.SGR/ALS-RN-SIS.055
VOGT J. — Mouvements de terrains associés aux séismes en Afrique du Nord (avant 1954). Texte provisoire préparé pour un colloque de l'Association des géographes français (Nice, mai 1983).

83.SGR/ALS-RN-SIS.058
VOGT J. — Le séisme du 4 mai 1888 aux confins Auvergne/Combrailles. Mise à jour.

83.SGR/ALS-RN-SIS.061
VOGT J. — Symposium néotectonique - sismicité - Risques géologiques dans les Caraïbes et au Vénézuela, ASOVAC 1983. Un séisme majeur des Caraïbes : le tremblement de terre du 7 mai 1842 (Hispañola). Mise au point.

83.SGR/ALS-RN-SIS.063
VOGT J. avec la coll. J. LAMBERT. — Bilan macrosismique de la France pour l'année 1982.

83.SGR/ALS-RN-SIS.066
VOGT J. — Réexploitation d'archives du B.C.S.F. Révision des effets en France d'un séisme Atlantique (15 octobre 1945) et d'un séisme italien (4 mai 1958).

83.SGR/ALS-RN-SIS.069
VOGT J. — Bilan macrosismique de la France en 1978. Croquis d'orientation à 1 : 2 500 000.

83.SGR/ALS-RN-SIS.070
VOGT J. — Bilan macrosismique de la France en 1980. Croquis d'orientation à 1 : 2 500 000.

83.SGR/ALS-RN-SIS.071
VOGT J. — Bilan macrosismique de la France en 1979. Croquis d'orientation à 1 : 2 500 000.

83.SGR/ALS-RN-SIS.072
VOGT J. — Les effets en France du séisme du 26 mai 1910 (6 h 12) (Jura proche de Bâle).

83.SGR/ALS-RN-SIS.074
VOGT J. — La sismicité de la fin du XIX[e] siècle aux confins Maine/Bretagne/Normandie. Présentation macrosismique sommaire.

83.SGR/ALS-RN-SIS.076
VOGT J. — Extension de la carte sismotectonique de la France à la partie proche des pays voisins. Quelques données du problème (texte de 1981).

83.SGR/ALS-RN-SIS.077
VOGT J. — Révision de deux séismes majeurs de la région d'Aix-la-Chapelle - Verviers - Liège ressentis en France, 1504, 1692, Communication aux journées de sismicité historique des Rencontres d'Antibes, novembre 1983.

83.SGR/ALS-RN-SIS.078
VOGT J. — Réexploitation d'archives du B.C.S.F. Les séismes alpins des 17 avril 1936, 23 mars 1960 et 29 mai 1975.

83.SGR/ALS-RN-SIS.082
GODEFROY P., VOGT J., coll. COURTOT P. — Bilan macrosismique de la France pour l'année 1978.

83.SGR/ALS-RN-SIS.083
VOGT J. — Carte de la macrosismicité de la France en 1983.

83.SGR/ALS-RN-SIS.087
VOGT J. — Tableau de la macrosismicité de la France en 1983.

83.SGN.169.GEG
GODEFROY P. — Effet des séismes sur les installations souterraines. 43 p., 10 ill.

83.SGN.301.GEG
GODEFROY P. — Étude géoprospective d'un site de stockage. La prise en compte de l'activité sismique. 103 p., 48 ill., 3 CA.

83.SGN.368.GEG
GODEFROY P., LAMBERT J., VOGT J., COURTOT P. — Bilan macrosismique en France pour l'année 1979. 39 p., 19 ill.

83.SGN.399.GEG
SIMON J.-M. — Le microzonage sismique. Revue bibliographique et proposition pour une méthodologie d'étude. 37 p., 45 ill., 6 CA.

83.SGN.730.GEG
GODEFROY P., LAMBERT J. — Étude préliminaire pour la prise en compte des actions sismiques dans le dimensionnement des puits du L.E.P. 54 p., 11 ill., 13 CA.

Enfouissement des déchets nuisibles

82.SGN.256.GEG
GODEFROY P., IMAUVEN C., MASURE P. — Les analyses de sûreté du confinement géologique des déchets radioactifs à vie longue. Revue critique des méthodes existantes et proposition d'approche prospective. 162 p., 13 ill., 1 CA.

83.SGN.010.STO
GADALIA A., VARET J. — Étude géoprospective d'un site de stockage. L'activité volcanique. 20 p., 2 ill., 8 CA.

83.SGN.106.STO
BILLAUX D., CANCEILL M., COURBOULEIX S., FOURNIGUET J., PEAUDECERF P. — Étude géoprospective d'un site de stockage. Rapport annuel 1982. 6 p.

83.SGN.143.GEO
COURBOULEIX S. — Contrat n° 222.81.7 WAS-F (RS). Étude géoprospective d'un site de stockage. Climatologie : évolution du climat et glaciations.

83.SGN.210.GEO
GROS Y. — Contrat n° 222.81.7 WAS-F (RS). Étude géoprospective d'un site de stockage, tectonique prospective : Durée des phases compressives et distensives récentes, évolution du champ de contrainte dans les 100 000 ans à venir.

83.SGN.406.GEO
DELPONT G. avec la collabor. de DUTARTRE P. — Stockage de déchets radioactifs en formations géologiques. Région de Chemillé. Confirmation des caractéristiques favorables. 1re partie ; 1re phase. Étude du granite de Chemillé par télédétection.

83.SGN.541.GEO
LAVILLE P., LAJOINIE J.-P. — Étude géoprospective d'un site de stockage. Mécanismes d'altération et d'érosion.

83.SGN.657.GEG
BILLAUX D., ROBELIN C. — Étude géoprospective d'un site de stockage. Dôme de sels. Étude bibliographique sur les conditions de leur formation. 29 p., 12 ill.

Fracturation naturelle et provoquée

81.SGN.193.GPH
VALENTIN J., VAN DEN HOECK A. — Tests d'electrocarbonisation, site de l'Échaux (Loire). Mesure de la résistivité des différentes formations. 5 p., 19 ill., 1 CA.

83.SGN.271.GEG
VIARGUES M. — Essais de simulation numérique de fracturation hydraulique en laboratoire. 219 p., 118 ill.

83.SGN.321.GEO
CASTAING Ch. — Étude de la fracturation du champ de Cocheren (Houillères du Bassin de Lorraine).

83.SGN.426.GEO
BLÈS J.-L., DUTARTRE P., FEYBESSE J.-L., GROS Y., MARTIN P. avec la collaboration de LANDRY J. — Contrat n° 148-80-7 Was-F (RS). Fracturation profonde des massifs rocheux granitiques. Étude structurale de la fracturation du granite de Saint-Sylvestre.

83.SGN.525.STO
BONIJOLY D., BLÈS J.-L. — Fracturation profonde des massifs rocheux granitiques. Rapport d'avancement des travaux (1er semestre 1981). Étude bibliographique des galeries profondes (galeries Merens, Aston et Arc-Isère). 18 p., 8 ill., 1 CA.

83.SGN.564.GPH
VALENTIN J. — Mesures électriques de surface 2e expérience d'électrocarbonisation à l'Échaux (Loire). 4 p., 3 ill.

83.SGN.593.GEG
BOUILLEAU M., DURAND E. — Èrosion du charbon par circulation de fluide en fractures. Essais en laboratoire. 17 p., 10 ill.

83.SGN.663.GEG
MASSAL P., DURAND E., BELGACEM M. — Influence d'une injection préalable en milieu hétérogène sur les conditions de fracturation. 24 p., 16 ill.

83.SGN.858.GEO
BLÈS J.-L. avec la collaboration de BONIJOLY D. — Contrat n° 148-80-7 WAS-F (RS). Fracturation profonde des massifs rocheux granitiques. Étude documentaire.

RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES

Télédétection et traitement d'images

83.SGN.132.GEO
DUTARTRE, CASTAING, CHEVREMONT, etc. — Méthodologie de la recherche par télédétection des coupoles non affleurantes. Rapport final.

83.SGN.330.GEO
MALON J.-F. — Rapport de stage de télédétection effectué à l'USGS (Flagstaff) du 31/1 au 12/3/83.

83.SGN.373.GEO
KAO T.-T. — Traitement d'images sur Pericolor 1000. Premiers résultats.

83.SGN.429.GEO
DEBRAY B. — Traitements d'images en télédétection. Un algorithme de vectorisation. Applications à la cartographie géologique.

83.SGN.496.GEO
WEECKSTEEN G., SCANVIC J.-Y. — Évaluation de l'apport des radargraphies Sir-A, Bande L aux techniques de télédétection appliquées à la géologie : République du Mali par G. Weecksteen. République unie du Cameroun (région de Yaoundé) par J.-Y. Scanvic.

83.SGN.630.GEO
SCANVIC J.-Y. — Projet radar « Les Vans ». Ardèche. 2e rapport d'avancement.

83.SGN.723.GEO
DUTARTRE Ph., KING Ch., MALON J.-F. — Imagerie spatiale. Évaluation de l'apport d'une étude diachronique.

83.SGN.756.GEO
BARBIER J. — Télédétection des anomalies géochimiques en France.

83.SGN.765.GEO
WEECKSTEEN G. — Évaluation de simulations des données du futur satellite Spot au Mali et en Haute-Volta.

Valorisation des forages ; Analyses in situ ; Géotechnique minière et en forages

82.SGN.034.GMX
ROZES B. — Mise en exploitation du gisement de Sabodala (Sénégal). Détermination des caractéristiques d'un abattage par gradins à l'explosif. Plans de tirs. 2e version. 8 p., 5 ill.

83.SGN.336.GEG
BILLAUX D., FEUGA B., WOJTKOWIAK F. — Gisement de Leucamp (Cantal). Analyse de la stabilité d'une exploitation par chambres vides et piliers abandonnés des filons minces de quartz à wolframite. 34 p., 24 ill., 1 CA.

83.SGN.456.GPH
STRAUB A. — Diagraphies gamma-gamma et neutron : évaluation expérimentale et méthodes de traitement. 60 p., 72 ill.

83.SGN.741.GPH
LE CORRE D. — Exploitation des mesures de la sonde sonique Mount Sopris. 36 p., 53 ill.

83.SGN.759.GEG
WOJTKOWIAK F. — Gisement de cuivre de Jabal Sayid (Arabie Saoudite). Prédimensionnement d'une exploitation par sous-niveaux abattus du corps minéralisé N. 4 (OB4). 56 p., 65 ill., 1 CA.

Techniques géophysiques

82.SGN.004.GPH
VACHETTE C., VALLA P. — Expérimentations géophysiques méthodologiques à Neves Corvo (Portugal). Méthodes électriques sondages Schlumberger et profils dipole-dipole. 21 p., 21 ill., 9 CA.

82.SGN.974.GPH
VACHETTE C. — Comparaison de profils dipole-dipole et de diagraphies en résistivité et polarisation provoquée sur le prospect de Beauvain (Orne). 10 p., 15 ill., 3 CA.

82.SGN.978.GPH
EZANNO P. — Contrôle au sol d'anomalies électromagnétiques héliportées (HEM) dans la zone d'Ambialet (Tarn). 13 p., 270 CA.

83.SGN.046.GPH
MERCIER F., PUVILLAND P. — Réinterprétation des données gravimétriques concernant le prospect de Klirou (Chypre). 5 p., 5 ill., 6 CA.

83.SGN.172.GEG
MASSAL P., WOJTKOWIAK F. — Principes, méthodes et application de l'émission acoustique en géomécanique. Étude bibliographique. 49 p., 23 ill.

83.SGN.166.GPH
MILLON R. — Étude des travaux géophysiques effectués dans les Jebilets (Maroc). 7 p., 54 ill., 1 CA.

83.SGN.276.GPH
OGIER M. — Étude gravimétrique sur le P.E.R. de Saint-Thois (Finistère) (deuxième phase). 9 p., 5 ill., 5 CA.

83.SGN.282.GPH
OGIER M., POINCLOU C. — Étude gravimétrique tactique sur le P.E.R. de Stival (Morbihan). 13 p., 17 ill., 2 CA.

83.SGN.395.GPH
BERNARD J., AME D., LEGENDRE D., PIERRAT G. — Essais du Syscal R2 à Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord). 7 p., 9 ill.

83.SGN.402.GPH
VACHETTE C., VALLA P. — Expérimentations géophysiques méthodologiques à Neves Corvo (Portugal). Electromagnétisme multifréquentiel et électromagnétisme transitoire. 16 p., 34 ill., 4 CA.

83.SGN.465.GPH
FRISON P., PERRIN J. — Levers électromagnétiques Max-Min région Ancenis (Loire-Atlantique) et Redon (Ille-et-Vilaine). 18 p., 24 ill., 15 CA.

83.SGN.524.GPH
MADELAINE B. — Établissement d'une base gravimétrique et mesure d'un gradient vertical dans les locaux du Laboratoire national d'essais. 6 p., 1 ill., 1 CA.

83.SGN.579.MAR
LALLIER S., MOAL A. — Compte rendu sommaire de la mission Corindon VIII (Est de l'Ile Bangka, Indonésie), mai-juin 1983. 6 p., 3 CA.

83.SGN.749.GPH
GASNIER S., VALLA P. — Chaîne expérimentale d'électromagnétisme basse fréquence. Essais (A) et (B) en forêt de Bellary à Garchy (Nièvre). 7 p., 3 ill., 2 CA.

83.SGN.784.GPH
EZANNO P. — Contrôle au sol d'anomalies électromagnétiques héliportées. Zone d'Ambialet (Tarn). Secteurs de Saint-Eloi et de Mejanes. 8 p., 10 ill., 3 CA.

84.SGN.814.GPH
BUHRIG C., EZANNO P., MATHIEU F. — Contrôle au sol d'anomalies électromagnétiques héliportées (HEM) dans la zone des monts de Lacaune (Tarn) (PS, VLF, résistivité, gravimétrie). 19 p., 41 ill., 13 CA.

Techniques analytiques et minéralogie descriptive

82.SGN.071.MIN
TOUITI M. — (Thèse université Orléans) mention : matières premières minérales et énergétiques. Étude de l'incidence des conditions de traitement thermique de décarbonatation d'un minerai de phosphate tunisien sur la réactivité et l'élimination de la chaux, la réactivité du concentré de phosphate obtenu. 93 p., 47 ill., 1 CA.

82.SGN.861.MGA
LABARRAQUE C., BORSIER M., GARCIA M. — Mise en place d'un système automatique d'analyse multi-élémentaire par plasma ICP. 15 p.

83.SGN.038.MIN
LIBAUDE J., CROUZET C., ROMERO A. — Preliminary study of the treatment of Ganaet (Sudan) Gold Ore. 23 p., 2 ill.

83.SGN.047.MIN
SAVE M., BOULARD J.-J., DUBOIS E. — Étude du traitement du minerai de fer de Saolala (Madagascar). 25 p., 5 ill.

83.SGN.064.MIN
POLGAIRE J.-L., VERDIER P., LAFOY C. — Minerai d'étain de Pelepah Kanan (Malaisie). Essais de traitement des Haldes et de la « Roche Dure ». 35 p., 8 ill.

83.SGN.101.MIN
SAVE M., BOULARD J.-J., DUBOIS E. — Étude du traitement du minerai de fer de Kribi (Cameroun). Campagne 1982. 23 p.

83.SGN.105.MIN
POLGAIRE J.-L., BRACHET C., FABY J.-P., VERDIER P., PARFENOFF A. — Étude du traitement du minerai à Nb, Ta, Sn de Yi Chun (Chine) : proposition d'un schéma de traitement. 112 p., 23 ill.

83.SGN.148.MGA
KOSAKEVITCH A., PARFENOFF A., ROSSI Ph. — Résultats d'étude de laboratoire des échantillons du granite de Grandrieu et de son profil d'altération. 30 p., 55 ill., 2 CA.

83.SGN.217.MIN
MORIZOT G., BAJON P.-H. — Étude pour l'application des procédés minéralurgiques modernes aux minerais de wolframite français et pour la conception d'une unité pilote facilement transportable. 9 p., 23 ill., 1 CA.

83.SGN.242.MIN
PLONGERON A. — Lixiviation de minerai sulfuré complexe par une solution de sulfate ferrique. Essais de laboratoire et étude des cinétiques en fonction des divers paramètres : granulométrie - Concentration en Fe_{3+} - Température - Influence de l'O_2 et de l'air sur les cinétiques. 9 p.

83.SGN.244.MIN
CÉCILE J.-L., BLOISE R., LAMACHE M., LAM-THI O., BAUER D. — Étude de l'effet inhibiteur des ions chromaté sur la galène (PbS) au cours de la flottation différentielle des minerais sulfurés complexes par les collecteurs du type thiols. 28 p.

83.SGN.279.MIN
SAVE M., BARON M., MERY G. — Étude du traitement de trois échantillons d'itabirite du Gabon. 19 p.

83.SGN.308.MIN
BAUDET G., CECILE J.-L., HENCHIRI A., SAVE M. — Enrichissement des minerais sédimentaires à gangue carbonatée par flottation inverse et double flottation utilisant un ester phosphorique comme collecteur. 65 p., 23 ill.

83.SGN.344.MIN
DUBOIS F., BAJON P.-H. — Répertoire des rapports et notes techniques. Communications scientifiques et brevets émis par le département SGN/MIN de 1960 à fin 1982. 202 p.

83.SGN.354.MIN
BAUDET G. — The Hashemite Kingdom of Jordan. Shidiya phosphate project. Phase I : prefeasibility study. Report on ore beneficiation tests. 896 p., 228 ill., 1 CA.

83.SGN.448.MGA
GATEAU C., JACQUIN J.-P. — Traitement optimal des minerais sulfurés complexes (annexe au rapport 82.SGN.322.MIN). 55 p., 10 ill.

83.SGN.480.MIN
BAUDET G., CECILE J.-L., OLLIVIER P., BOISSAY S., LORANG M., VERDIER P. — Traitement des grès armoricains à titane, zirconium et terres rares : production d'un concentré global. 209 p., 74 ill.

83.SGN.621.MIN
LIBAUDE J., CROUZET C., ROMERO A. — Étude d'optimisation de la flottation du minerai sulfuré aurifère de Sabodala (Sénégal). 53 p., 8 ill.

83.SGN.691.MIN
MERY G., SZCZYHEL B. — Étude d'enrichissement du minerai : plomb, zinc, argent de Jabali (Nord Yemen). 111 p., 19 ill., 1 CA.

83.SGN.720.MIN
LEGRET D., GALLE CAVALLONI P., LORANG M. — Obtention de soufre élémentaire et de métaux à partir de minerais pyritiques. Application au minerai de Rouez (Sarthe). 49 p., 16 ill.

Techniques géochimiques et hydrogéochimie (interactions eaux-roches)

83.SGN.159.MGA
DEGRANGES P., LELEU M. — Utilisation du mercure pour la prospection de gîtes cachés. 13 p., 19 ill.

83.SGN.164.GTH
LOMBART R., GOYENECHE O. — Étude comparative du comportement des métaux en environnement géothermique. 163 p., 54 ill.

83.SGN.783.GTH
LE MENN D. — Étude bibliographique de la corrosion bactérienne. 44 p.

83.SGN.860.STO
BOURG A., OUSTRIERE P., SUREAU J.-F. — Étude expérimentale et théorique du colmatage des fissures en milieu granitique par précipitation de minéraux.

83.SGN.919.GTH
FABRIOL R., VERZIER P. — Reconnaissance géothermique de la République du Rwanda : rapport hydrogéochimique. 17 p., 4 ill., 3 CA.

Techniques minéralurgiques

81.TAN.002.BIS
SAVE M., BOUTIN P., BOULARD J.-J., DUBOIS E. — Étude minéralurgique des carottes de sondage des campagnes 1980-1981 et synthèse des travaux minéralurgiques effectués de 1979 à 1982. 91 p., 42 ill.

Informatisation, modélisation, géostatistique

82.SGN.017.NPC. — COLLECTIF B.R.G.M. — Informatique géotechnique programme OEDO. Sortie graphique des points de la courbe de compressibilité et calcul des indices de vides et de compression. 3 p.

82.SGN.018.NPC
COLLECTIF B.R.G.M. — Informatique géotechnique. Programme Gransed. Sortie graphique de la granulométrie d'un sol par tamisage et sédimentométrie. 4 p., 3 ill.

82.SGN.019.NPC
COLLECTIF B.R.G.M. — Information géotechnique, programme TED. Calcul des paramètres d'identification d'un sol. 6 p., 1 ill.

82.SGN.020.NPC
COLLECTIF B.R.G.M. — Information géotechnique, programme TRIAX. Sortie graphique des cercles de Mohr et de la droite intrinsèque et calcul des caractéristiques mécaniques. 5 p., 4 ill.

83.SGN.005.GPH
VALLA P. — Logiciel de modélisation en électromagnétisme sur ordinateur de table HP 9845 : modules écrits en 1981 et 1982. 5 p.

83.SGN.144.GPH
GUILLEN A., MENICHETTI V. — Logiciel interactif d'interprétation des champs de potentiel. Inversion avec minimisation d'une fonctionnelle de la géométrie des corps. 14 p., 10 ill.

83.SGN.494.GPH
SANSON I. — Modélisation de l'anomalie gravimétrique de la Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord). 14 p., 42 ill., 6 CA.

83.SGN.623.GEG
THIRION S., FLEURIER M. — Système informatique de rassemblement des événements naturels existants. 101 p., 21 ill.

83.SGN.661.NPC
BECKELYNCK J., DELMARE F. — Chaîne de programmes « moufles » dépouillement d'essais au micromoulinet de forage. 11 p., 3 ill.

ÉCONOMIE MINIÈRE

Économie minière

83.RDM.022.PA
SNOEP J. — Perspectives économiques pour la pyrrhotine ou la pyrite au Maroc. 44 p., 2 ill.

83.JED.025.OR
SNOEP J. — Zinc marketing and concentrate supply for a zinc smelter in the Kingdom of Saudi Arabia. 33 p., 1 ill.

83.SGN.574.GMX
SUSTRAC G., VINCENT P.-C. — Perspectives de la participation étrangère dans la recherche et l'investissement miniers en Turquie. 17 p., 2 CA.

B. LISTE DES PUBLICATIONS

Les publications faites par les agents du B.R.G.M. ou en collaboration, représentent 227 titres. Elles concernent des recherches ayant abouti pendant l'année et portant le millésime 1983.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE ET CONNAISSANCE GÉOLOGIQUE RÉGIONALE

Appui à la cartographie géologique synthèses géologiques régionales et thématiques

BONIJOLY D., BLES J.-L. — Histoire tectonique du Quercy (bordure nord-est du Bassin d'Aquitaine, France) : géométrie, cinématique et chronologie des déformations cassantes. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 5, p. 88.

DEMANGE J., BAUBRON J.-C., MARCELOT G., COTTEN J., MAURY R.-C. — Cadre structural, pétrologique et géochimie de la série volcanique de Jabal al Abyad (Arabie Saoudite). *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine,* 1983, n° 7, pp. 233-248.

DELFOUR J., DHELLEMMES R., ELSASS Ph., VASLET D., BROSSE J.-M., LE NINDRE Y.-M., DOTTIN O. — Explanatory notes to the geologic map of the Ad Dawadimi quadrangle sheet 24 G., Kingdom of Saudi Arabia. Ministry of petroleum and mineral resources, Deputy Ministry for mineral resources, 1983.

FARJANEL G., FEYS R., MARTEAU P. — Le Stéphanien et l'Autunien du bassin d'Autun ; nouvelles données stratigraphiques. Xe Congrès international de géologie et stratigraphie du Carbonifère, Madrid, septembre 1983.

GADALIA A., VARET J. — Les rhyolites miocènes de l'est de l'Afar. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, vol. 7, t. XXV, n° 2, pp. 139-153.

LOTT G.K., BOUYSSE P. — Carte géologique Lizard/Sud-Cornouailles, sheet/feuille n° 49N-06 °W, échelle 1/250 000 scale, co-édition Institute of Geological Sciences (G.B.) - B.R.G.M., 1983.

PASQUET J.-F., LEPLAT J., BECQ-GIRAUDON J.-F. — Premiers résultats du forage de reconnaissance de Réty-Rinxent (Massif paléozoïque du Boulonnais). Éd. B.R.G.M. *Géologie de la France,* 1983, n° 3, pp. 171-178.

POMEROL B., MONCIARDINI C. — Le Crétacé supérieur des feuilles à 1/50 000 d'Estissac et Aix-en-Othe. *Bull. Inf. Géol. Bassin de Paris,* 1983, vol. 20, n° 2, pp. 35-44.

THIRY M., DELAUNAY A., DEWOLF Y., DUPUIS C., MENILLET F., PELLERIN J., RASPLUS L. — Les périodes de silicification au Cénozoïque dans le Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 1, pp. 31-40.

WESTERCAMP D., TRAINEAU H. — Carte géologique de la Montagne Pelée. 1 : 20 000. Éd. du B.R.G.M. 1983.

Géologie profonde de la France

BARFETY J.-C., GIDON M., LEMOINE M., MOUTERDE R., PAIRIS J.-L., RAVARD C. — Accidents tectoniques liés à l'activité tectonique synsédimentaire dans la couverture des massifs cristallins externes des Alpes françaises au S.E. de Grenoble. *Congr. Sci. sav. Grenoble* (1983).

Géodynamique

ANDREIEFF P., BOUYSSE P., WESTERCAMP D. — Révision géologique de l'île de Marie-Galante (Petites Antilles). *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, 25, 6, pp. 733-738.

ARCANTE GROUP. — New geological data from the Lesser Antilles area (1980-1982). *Xe Conf. Géol. Caribe* (Carthagena, Agosto 1983) ; Programs and Abstracts of papers, 1983, pp. 19-20.

BECQ-GIRAUDON J.-F. — Un modèle du bassin carbonifère européen. Les bassins houillers actuels d'Indonésie. *Géochronique,* 1983-2, pp. 11-14.

BOUYSSE P., GUENNOC P. — Données sur la structure de l'arc insulaire des Petites Antilles, entre Ste-Lucie et Anguilla. *Mar. Géol.,* 1983, 53, pp. 74-79.

BOUYSSE P., ROBERT S., GUENNOC P., MONTI S., COUTELLE A., GÉRARD A., LENOTRE N. — Bathymétrie détaillée (Seabeam) et anomalies magnétiques dans les Antilles françaises : interprétation morphostructurale de la vallée et de l'escarpement de la Désirade et des côtes occidentales de Basse-Terre de Guadeloupe et de Martinique (Campagne Arcante 2 - Thermosite, N.O. Jean-Charcot, déc. 1980). Documents du B.R.G.M., 1983, n° 63, 78 p. + 4 pl. h.t.

BOUYSSE P., SCHMIDT-EFFING R., WESTERCAMP D. — La Désirade Island (Lesser Antilles) revisited : Lower Cretaceous radiolarian cherts and arguments against an ophiolitic origin for the basal complex. *Geology,* 1983, 11, 4, pp. 244-277.

RABU D., CHAUVEL J.-J., CHANTRAINE J. — Nouvelles propositions pour la lithostratigraphie du Briovérien (Protérozoïque supérieur) et pour l'évolution géodynamique cadomienne en baie de St-Brieuc (Massif Armoricain). *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, t. XXV, n° 4, pp. 615-621.

RABU D., CHAUVEL J.-J., CHANTRAINE J. — Le domaine interne de la chaîne cadomienne dans le Massif armoricain. Étude lithostratigraphique, géochimique et structurale le long d'une transversale en baie de Saint-Brieuc et dans le pays de Lamballe (Côtes-du-Nord). Document B.R.G.M., 1983, n° 66, 31 pages, 3 annexes.

WESTERCAMP D., ANDREIEFF P. — Carte géologique à 1/20 000 de Saint-Barthélémy et de ses îlets (département de la Guadeloupe) et notice explicative. Éd. du B.R.G.M., 1983.

WESTERCAMP D., ANDREIEFF P. — Saint-Barthélémy et ses Ilets, Antilles françaises : stratigraphie et évolution magmato-structurale. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 5, pp. 801-812.

WYNS R., LE METOUR J. — Le Précambrien du massif vendéen : Étude détaillée de deux coupes de référence (coupe de l'Evre et coupe de la Divatte) et synthèse des données récentes. Document B.R.G.M., 1983, n° 68, 60 pages, 2 pl. hors texte.

Diagenèse, sédimentologie, techniques géologiques, stratigraphie

ANDREIEFF P. — Extension stratigraphique des grands Foraminifères néogènes de la région Caraïbe : *Paraspiroclypeus chauneri* (Palmer) et *Operculinoides cojumarensis* (Palmer). *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (1), 25, 5, pp. 813-816.

ANDREIEFF P., NEUMANN M. — *Siderolites praevidali,* nouvelle espèce de Foraminifère du Campanien stratotypique. Description et intérêt biostratigraphique. *Rev. Micropal.,* 1983, 26, 1, pp. 3-14.

ANDREWS J., FRIEDRICH G., PAUTOT G., PLUGER W., RENARD V., MELGUEN M., CRONAN D., CRAIG J., HOFFERT M., STOFFERS P., SHEARME S., THIJSSEN T., GLASBY G., LENOTRE N., SAGET P. — The Hawaï-Tahiti transect : the oceanographic environment of manganese nodule deposits in the central Pacific. *Mar. Geol.,* 1983, 54, (1983-1984), pp. 109-130.

BARFETY J.-C., GIDON M. — La stratigraphie et la structure de la couverture dauphinoise du Sud de Bourg d'Oisans (Isère). Leurs relations avec les déformations synsédimentaires jurassiques. *Rev. géol. alpine,* 1983, tome 59.

BOURDILLON C., ABU GIDEIRI Y. — Étude micropaléontologique de deux carottes prélevées dans la fosse Atlantis II (Mer Rouge) : âge de la mise en place et milieu de dépôt des boues métallifères. *C.R. Acad. Sci. Fr.,* 1983, t. 296, série II, pp. 1271-1274.

BROUTIN J., CHATEAUNEUF J.-J., DELSAHUT B., DOUBINGER J., VETTER P. — Flore et microflore des terrains autuniens situés entre Réalmont Najac et la Grésigne (Quercy et Albigeois). *C.R. Acad. Sci. Fr.,* 1983, t. 297, pp. 753-758.

DISNAR J.-R., TRICHET J. — La pyrolyse de complexes organo-métalliques formés entre un matériau organique actuel d'origine algaire et divers cations métalliques divalents (UO^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Ca^{2+}). *Chemical geology,* 1983, 40, pp. 203-223.

LEPLAT J., AMEDRO F. — Les ammonites albiennes des fosses et sondages du Nord de la France. *Ann. Sté. Géol. Nord,* t. CII, 1983, pp. 237-244.

POMEROL B., DAMOTTE R., TOURAY M., MONCIARDINI C. — Précisions biostratigraphiques sur la limite Turonien-Sénonien dans la région stratotypique de Sens. *C.R. Acad. Sci. Paris,* 1983, t. 297, série II, pp. 421-424.

PRIAN J.-P., BOURDILLON C., MONCIARDINI C., ROGER J. — Indices de confinement dans la sédimentation phosphatée du sillon tertiaire de Farim (Guinée Bissau). Réunion scientifique phosphates de chaux sédimentaires et confinement. Paris 23-24 novembre 1983.

QUELENNEC R.-E. — Fluctuations dans les régimes hydrologiques et hydrodynamiques, réduction des apports fluviatiles et leurs incidences sur la morphologie des littoraux deltaïques : Cas des deltas du Nil (Egypte) et du Golo (Haute-Corse). *In :* C.R. Séminaire Erosion et défense des côtes - ASTEO - Paris, 26-27 janvier 1983.

QUELENNEC R.-E. — Géodynamique des sédiments dans les milieux torrentiels et fluviaux. Intérêt d'une politique de gestion régionale des sédiments. *In :* Séminaire AIEA sur le rôle des sédiments dans l'accumulation et le transport des radionuisances dans les eaux continentales - MOL (Belgique) 11-15 octobre 1982 - publ. TEC-DOC/AIEA (Vienne), 1983.

SIMON-COINÇON R., LARQUÉ P., MURATET B., TURLAND M. — Mise au point sur les paléoaltérations tertiaires du Massif central. Les enseignements apportés par les profils d'altérations en place sur socle et sur sédiments. *Géologie de la France,* 1983, n° 1-2, pp. 155-165.

THIRY M., SCHMITT J.-M., TRAUTH N., COJEAN R. et TURLAND M. — Formations rouges « sidérolithiques » et silicifications sur la bordure nord du Massif central. *Revue de géologie dynamique et de géographie physique,* 1983, vol. 24, fasc. 5, pp. 381-395.

THIRY M., DELAUNAY A., DEWOLF Y., DUPUIS C., MENILLET F., PELLERIN J., RASPLUS L. — Les périodes de silicification au Cénozoïque dans le Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 1, pp. 31-40.

TURLAND M. — « L'arkose de Cosne » et le « Sidérolithique » dans la région de Montluçon et de Cosne d'Allier (Allier). *Géologie de la France,* 1983, n° 1-2, pp. 149-154.

MATIÈRES PREMIÈRES MINÉRALES

Sulfures polymétalliques. Hydrothermalisme sous-marin actuel et récent

BOIRAT J.-M. — Le district à amas sulfurés polymétalliques de Bathurst-Newcastle (New-Brunswick, Canada) dans son environnement géotectonique : étude bibliographique. *Chronique de la Recherche Minière,* 1983, n° 473, pp. 3-24.

* BOURDILLON C., ABU GIDEIRI Y. — Étude micropaléontologique de deux carottes prélevées dans la fosse Atlantis II (mer Rouge) : âge de la mise en place et milieu de dépôt des boues métallifères (2 mai 1983). *C.R. Acad. Sci. Fr.,* 1983, 296, II, pp. 1271-1274.

LECA X. avec la collaboration de RIBEIRO A., THOMAS OLIVEIRA J., BRANDAO SILVA J., ALBOUY L., CARVALLO P., MERINO H. — Cadre géologique des minéralisations de Neves Corvo, Baixo-Alentejo, Portugal. Lithostratigraphie, Paléogéographie et Tectonique. Mémoire du B.R.G.M., 1983, n° 121, 80 p.

POUIT G., BIGOT M., DELFOUR J., MILESI J.P., PICOT P. — Les minéralisations actuelles et anciennes : l'exemple de la mer Rouge. Document B.R.G.M., 1983, n° 52, 48 p.

OUDIN E. — Récente découverte à Chypre, cheminées hydrothermales, fossiles. *Géochronique,* 1983, n° 1, p. 5.

OUDIN E. — Minéralogie de gisements et d'indices liés à des zones d'accrétion océaniques actuelles (ride Est-Pacifique et mer Rouge) et fossile (Chypre). *Chronique de la Recherche Minière,* 1983, 470, pp. 43-56.

OUDIN E. — Hydrothermal sulfide deposits of the East Pacific Rise (21 °N). Part I : descriptive mineralogy. *Marine Mining,* 1983, 4, 1, pp. 39-72.

OUDIN E., THISSE Y. — Inclusions fluides et rôle des fluides minéralisateurs de haute température dans les sédiments métallifères de la mer Rouge. *Géochronique,* 1983, 2, p. 5.

THISSE Y., GUENNOC P., POUIT G., NAWAB Z. — The Red Sea : a natural geodynamic and metallogenic laboratory. *Episodes,* 1983, n° 3, pp. 3-9.

Minéralisations liées aux granitoïdes et hydrothermalisme continental

AYE F. — Contrôles géologiques des gîtes stratiformes de Pb, Zn, Cu, Ag, de la bordure du bassin de Chateaulin (Massif armoricain, France). Trois exemples types : La Porte aux Moines, Bodennec - Yeun Dong, Menez Albot. *Mémoire du B.R.G.M.,* 1983, n° 120, 256 p., 171 fig., 20 tabl., 16 pl. photos.

BADRA L., CAILLEUX Y., CHARTRY G., JAILLARD J., JEBRAK M. — Les minéralisations filoniennes à Pb-Sb-F-Ba du socle et de la couverture paléozoïque de la région de Kef-N'Sour (Maroc). Résumés des communications présentées au Symposium PIGC, Rabat, septembre 1983.

JEBRAK M. — Un hydrothermalisme permien supérieur à fluorine-barytine sur les marges du fossé bourguignon. *C.R. Acad. Sci.,* 1983, série c, t. 297, pp. 519-524.

JEBRAK M., DEBRAH M., TOURAY J.-C. — Saumures associées aux fluorines filoniennes du Maroc Central. Résumés des communications présentées au Symposium ECREFI, Orléans, avril 1983.

JEBRAK M., LHEGU J., VALETTE C.O. — Comparative metallogeny of the F-Ba vein type deposits from southern Vosges and Morvan. Résumés des communications présentées au Symposium GDMB. Warstein (Sauerland) R.F.A., avril 1983.

JEBRAK M., LHEGU J., TOURAY J.-C. — Filon en décrochement et en extension, deux familles de filon à F - Ba - Pb - Zn des hercynides françaises et marocaines. Résumés des communications présentées au Symposium de la Société Géologique du Nord, Orléans, juin 1983.

VALETTE C.O. — Karts et filons à fluorine dans le faisceau synclinal du Morvan : le gisement d'Argentolle (Saône-et-Loire, France). Document B.R.G.M., 1983, n° 58, 299 p., hors texte : 4 pl., 2 cartes, 1 tabl.

ZISERMAN A., ZIGIRABILI J., PETRICEC V., BAUDIN B. — Données sur la métallogénie du Rwanda. Enseignements tirés de la carte des gîtes minéraux. *Chron. rech. minière,* 1983, n° 471, pp. 31-40.

Minéralisations liées aux roches basiques et ultrabasiques

AUGE T. — Étude minéralogique et pétrographique de roches basiques et ultrabasiques du complexe ophiolitique du Nord Oman. Relations avec les chromitites. Comparaison avec deux complexes d'Arabie Saoudite. Thèse. Orléans, 1983.

AUGE T., CHRISTENSEN F.-G. et ROBERTS S. — Petrographic, geochemical and structural constraints on the formation of ophiolitic chromitite in the sultanate of Oman. *Oceanic Lithosphere,* London, 17-19, Novembre 1983.

BODINIER J.-L., GAUTHIER A., DUBOIS R. et OHNENSTETTER M. — Geochemical variations along the ophiolitic belt of Khalkidhiki, Greece, with special reference to RE. Second Annuel Meeting Held by the Working Group on Mediterranean. Ophiolites, Florence, 15-17 décembre 1983. Ophiolites : Oceanic Tectonics and Metamorphism. *Ofioliti,* Supplemento al vol. 8 ; nov. 1983, p. 12.

DUBOIS M., CHAROY B. et OHNENSTETTER M. — The importance of fluid phases in the genesis and alteration of the ophiolitic « plagiogranites » of Cyprus and Oman. Second Annual Meeting on Ophiolites : Oceanic Tectonics and Metamorphism. *Ofioliti,* supplemento al vol. 8 ; pp. 22-23.

DUNLOP H., FOUILLAC A.-M. — Isotopic studies of fluid inclusions in chrome-spinels : implication concerning the genesis of ophiolitic chromitite deposits in Oman. E.C.R.F.I., Orléans, 6-8 avril 1983.

GAUTHIER A., BODINIER J.-L., DUBOIS R., OHNENSTETTER M., ROCCI G. — Petrographic and structural variations along the ophiolitic belt of khalkidhiki (Northern Greece). Second Annual Meeting Held by the Working Group on Mediterranean Ophiolites, Florence, 15-17 décembre 1983. Ophiolites : Oceanic Tectonics and Metamorphism. *Ofioliti,* Supplemento al vol. 8 ; nov. 1983, p. 29.

JOHAN Z., DUNLOP H., LE BEL L., ROBERT J.-L., VOLFINGER M. — Origin of chromite deposits in ophiolitic complexes : evidence for a volatile — and sodium — rich reducing fluid phase. *Fortsch. Miner.*, 1983, 61, pp. 105-197.

LEHMANN J. — Diffusion between olivine and spinel : application to geothermometry. *Earth Planet. Sci. Let.,* 1983, 64, pp. 123-138.

OHNENSTETTER M. — Les processus d'ouverture des bassins ophiolitiques : le rôle des décrochements. Colloque tectonique cassante en distension et coulissement. Orléans, 9-11 juin 1983, pp. 44-45.

OHNENSTETTER M., BECHON F., REMOND S. — The origin of Cyprus ophiolites : evidence for superimposed tectonics and magma variations with time. Second Annual Meeting Held by the Working Group on Mediterranean Ophiolites, Florence, 15-17 décembre 1983. Ophiolites : Oceanic tectonics and metamorphism. *Ofioliti ;* Supplemento al vol. 8 ; nov. 83, p. 49.

OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D. — Évolution de la composition des spinelles lors de processus mantellaires océaniques et ophiolitiques. Colloque A.T.P., Géochimie et Métallogénie, Bonas, 16-17 juin 1983.

Gîtes de couverture

CHRISTMANN P., LAGNY P., LESCUYER J.-L., SHARAF AD DIN A. — Résultats de trois années de prospection en République arabe du Yémen. Découverte du gisement de Jabali (Zn - Pb - Ag) dans la couverture Jurassique. *Chron. rech. min.,* Fr., 1983, n° 473, pp. 25-38, 6 fig., 2 tabl., 1 ph.

Matériaux

BERTON Y., LEBERRE P. — Guide de la prospection des matériaux de carrière. 1983, B.R.G.M. Manuels et méthodes, n° 5, 160 p.

ROZES B. — L'extraction de l'ardoise à ciel ouvert : trois techniques. *Carrières et matériaux,* 1983, n° 211, pp. 37-39.

ROZES B. — Utilisation du fil diamanté dans l'extraction du marbre. *Le Mausolée,* 1983, n° 561, pp. 831-834.

AMÉNAGEMENT ET GESTION DE L'ESPACE SOUTERRAIN

Eau

ALAMY Z., POINTET T., SCHWARTZ J. — Pompages d'essai dans un aquifère mixte (poreux/fissuré) en zone aride. *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 4.

ARMAND C., LEGAC H., LESAGE Ph., SOURISSEAU B., THIBAULT J. — Recherches et solutions retenues pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Aribinda (Haute-Volta). *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 3.

BARGEAS A., ROCHE P.-A., THIERY D. — Les méthodes d'évaluation des apports mensuels en eau des systèmes hydrologiques et hydrogéologiques. *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 4.

BECKELYNCK J., BESBES M., COMBES P., HUBERT P., MARSILY G. de., TALBOT A. — Gestion intégrée des ressources en eau souterraine et superficielle : le cas de l'alimentation en eau potable de la métropole lilloise. Communication au Coll. intern. sur les eaux souterraines dans la planification des ressources en eau UNESCO/AIH/AIHS, Koblenz, 28 août-3 sept. 1983.

BECKELYNCK J., BESBES M., COMBES P., HUBERT P., MARSILY G. de, TALBOT A. — Pour une gestion intégrée des ressources en eau souterraine et superficielle : le cas de l'alimentation en eau potable de la métropole lilloise. *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 3.

BERGERON C., DEHAYS C., POINTET T. — Remontées des nappes d'eau souterraine. Causes et effets. Documents du B.R.G.M., 1983, n° 60, 51 p.

BERNARD D., ROUSSEL P. — La gestion des eaux souterraines en France. Objectifs, moyens, résultats. Communication au Séminaire sur les stratégies et pratiques de protection des eaux souterraines, thème II, CEE/ONU, Athènes, oct. 1983.

BISCALDI R., (VANDENBEUSCH M.). — Utilisation des eaux souterraines. *In :* L'eau et la ville - Water and the City. Coopération et Aménagement, Paris 1983, pp. 84-86.

BONNET M., VANCON J.-P., VANDENBEUSCH M. — Use of mathematical models and optimisation techniques for groundwater management. *In :* Institute of Geological Sciences. Rep. Inst. Geol. Sci. 82/6, London 1983, pp. 31-39.

CASTANY G., MARGAT J. — Organisation of the Public Service and of research in the field of water. *In :* Institute of Geological Sciences Rep. Inst. Geol. Sc. 82/6, London 1983, p. 1.

COLLIN J.-J. — La remontée des nappes d'eau : une calamité pas très naturelle. *In :* Diagonal, Bulletin de liaison des équipes d'urbanisme, juillet 83, n° 45, p. 26-30.

COLLIN J.-J. — Les remontées de nappes... Un phénomène pas très naturel. *In : Géochronique,* 1983, n° 3, p. 10.

COLLIN J.-J. — La réutilisation des eaux usées. Ouvrage collectif rédigé sous la direction de F. VALIRON - B.R.G.M./TEC-DOC Lavoisier, 208 p.

FORKASIEWICZ* J., MARGAT J. — Planification des eaux en zones semi-arides et arides. Contribution à l'ouvrage collectif (direction) : vol. 1 : Publ. CEFIGRE, sér. Documents 1983, Sophia Antipolis, juin 1983.

LE JONCOUR M., OSSENI A.-G., PHILIPPART A. — Principaux résultats obtenus lors des projets d'hydraulique villageoises (4e FED et BOAD) au Togo. *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 3.

MAIAUX C., (RICOUR J.). — Intégration de la mise en valeur du réservoir des grès du Trias inférieur dans l'aménagement de la Lorraine. Communication au Colloque international : L'eau souterraine dans la planification des ressources en eau. UNESCO/AIH/AISH, Koblenz (RFA), 18 août-3 sept., 1983, p. 171.

MARGAT J. — La ressource en eau souterraine. Aspects de géologie économique et progrès récents de l'hydrogéologie appliquée. Actes Convegno internazionale « Acqua e territorio ». Assoc. naz. geol. ital., Milan 12.3.1983. Publ. ANGI, Milan 1983, pp. 82-98.

MARGAT J. — Typologie des structures hydrographiques et hydrogéologiques appropriées à l'évaluation des ressources en eau superficielle et souterraine en zone aride et semi-aride. Communication au Colloque « Ressources en eau et utilisation : méthodes et étude du cas algérien ». Univ. Constantine, 10 au 13.4.1983. *In :* Rhumel, revue de l'Institut des Sciences de la Terre, Constantine, 9 p.

MARGAT J. — Les ressources en eau souterraine sont-elles minables ? *In : Géochronique,* 1983, n° 3, pp. 11-12.

MARGAT J. — Conditions d'une intégration réelle des eaux souterraines dans la planification de l'utilisation des ressources en eau. Communication au Colloque intern. : Eaux souterraines dans la planification des ressources en eau. Koblenz, UNESCO/RFA, 28 août au 3 sept. 1983, Publ. Vol. 1, pp. 265-276.

MARGAT J. — Bilans et échanges d'eau dans l'espace méditerranéen : bassins terrestre, mer, atmosphère. Communication à la Conférence « Climat méditerranéen et ressources en eau/eau verte, eau bleue ». Soc. météorol. de France, Marseille, 6 au 8 sept. 1983, (A paraître en 1984, 32 p.).

MARGAT J. — Les ressources en eau souterraine et de surface. Colloque. « L'eau, facteur de progrès en Agriculture ». Assemblée perm. Chambres d'agriculture et AFEID, Paris, 24 juin 1982. *In :* Chambres d'agriculture, suppl. n° 700, oct. 1983, Paris, pp. 8-15, 15 fig., 3 tabl., biblio.

MARGAT J. (Collab. K.-F. SAAD, UNESCO/ROSTAS). — Concepts for the Utilization of Non-renewable Groundwater Resources in Regional Developement. Natural Resources Forum, 1983, vol. 7, n° 4, U.N., New-York, 7 p.

MARGAT J. — Réflexions sur l'objectif et le contenu d'une carte hydrogéologique internationale de l'Afrique à petite échelle. Rapport à la 2e réunion d'experts / Projet OUA, Assoc. Afric. Cartogr., 1983, 5-11 déc., Dakar, 18 p.

MARGAT J. — Recharges des nappes : intérêt et problèmes hydrogéologiques. Rapport aux 5e journées scientif. et tech. : « L'eau, la recherche, l'environnement ». Secr. état Environnement et Qualité de la Vie, Lille, 25-27 oct. 1983, thème VI : « Recyclage et réutilisation des eaux usées ». Publ. « Recherche/Environnement », n° 22, pp. 433-436.

PALOC H. (DROGUE C., LATY A.-M.). — Les eaux souterraines des karts méditerranéens. Exemple de la région pyrénéo-provençale (France méridionale). *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 4.

PEAUDECERF P., (GOBLET P., LEDOUX E., MARSILY G. de, CALMELS P., GUIZERIX R.). — Processes of solute transfer in fissured aquifers. *In :* Institute of geological Sciences. Rep. Inst. Geol. Sci., London 1983 82/6, p. 6.

ROCHE P.-A., TALBO H., THIERY D. — Analyse des débits obtenus par air-lift sur les forages au marteau fond-de-trou en Bretagne. *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 4.

ROCHE P.-A., THIERY D., TALBO H. — Aspects quantitatifs des ressources en eau en région de socle. Méthodes récentes appliquées au cas de la Bretagne en France. *In :* Colloque international : les eaux souterraines dans la planification des ressources en eau UNESCO/AIH/AISH, 28 août - 3 sept. 1983 Koblenz, pp. 901-916.

ROCHE P.-A. (THIERY D., EL KHABOTE, NORMAND M., ZERYOUHI M.). — Évaluation de l'apport des modèles hydrologiques globaux pour les problèmes de l'aménagement. Application à un bassin versant marocain. *In :* Conférence eau verte - eau bleue - CEMPE, sept. 1983, Marseille.

THIERY D., VANDENBEUSCH M., VAUBOURG P. — Interprétation des pompages d'essai en milieu fissuré aquifère. Documents du B.R.G.M., 1983, n° 57, 51 p.

VANCON J.-P. — Gestion de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace au moyen d'une banque de données et de modèles de simulation. Communication au Colloque International sur les Eaux souterraines dans la planification des Ressources en eau », UNESCO/AIH/AISH, Koblenz, 28 août-3 sept. 1983, pp. 941-947.

Hydrogéochimie - Qualité des eaux souterraines

BONNEFOY D., BOURG A. — Estimation du fond géochimique naturel dans les sols et évaluation du niveau de pollutions dues aux activités humaines : cas du bassin versant de l'Orne, affluent de la Moselle. Textes du symposium « Protection des sols et devenir des déchets », La Rochelle, 1983, pp. 29-43.

BOURG A. — Modélisation du comportement des métaux traces à l'interface solide-liquide dans les systèmes aquatiques. Document B.R.G.M., 1983, n° 62, 171 p.

BOURG A. — Chemical speciation and reactivity of dissolved elements in estuaries (résumé en français). *Oceanis,* 1983, vol. 9, fascicule 7, pp. 517-530.

BOURG A. — Role of fresh water/sea water mixing on trace metals adsorption phenomena, in : trace metals in sea water (C.S. Wong et al., eds.), Plenium Press, 1983, pp. 195-208.

BOURG A., GREFFARD J., SARCIA C. — Métaux toxiques dans les sols du champ d'épandage de Paris-Achères. Textes du symposium « Protection des sols et devenir des déchets », La Rochelle, 1983, pp. 45-59.

DONARD O., LATOUCHE C., BOURG A., VERNET J.-P. — Occurence and behaviour of mercury and cadmium in the sediments of an estuarine system : The Gironde. Inter. Conf. Heavy metals in the environment, Heidelberg. 1983, vol. 2, pp. 960-963.

DONARD O., BOURG A., ETCHEBER H., LE RIBAULT L. — Direct evidence of coating on particulate matter and implications for heavy metal distributions in an estuarine environment. Inter. Conf. Heavy metals in the environment, Heidelberg, 1983, vol. 2, pp. 1009-1012.

ETCHEBER H., BOURG A., DONARD O. — Critical aspects of selective extractions of trace metal from estuarine matter. Fe and Mn hydroxydes and organic matter interactions. Inter conf. Heavy metals in the environment, Heidelberg, 1983, vol. 2, pp. 1200-1203.

FOUILLAC C. — Chemical geothermometry in CO_2 rich thermal waters. Examples of the French Massif central. *Geothermics,* 1983, vol. 12, n° 4, pp. 149-160.

LANDREAU A. — Les nitrates dans les eaux souterraines. *In : L'eau, l'industrie, les nuissances,* janv.-fév. 1983, n° 71, pp. 45-51.

MOUVET C., BOURG A. — Speciation (including adsorbed species) of copper, lead, nickel and zinc in the Meuse river. *Water res.,* 1983, vol. 17. n° 6, pp. 641-649.

PINTE J.-C., MORFAUX P., SOULIEZ G. — Diminution de la perméabilité de la craie sénonienne par traitement mécanique en Champagne. Colloque CEMAGREF sur « l'étanchéité des bassins, barrages et canaux », Paris, février 1983.

RICOUR J. — Quality of alluvial groundwaters of the Moselle downstream from the ash tip of the Electricité de France's thermal power station of La Maxe (Moselle). *In :* Institute of Geological Sciences. Rep. Inst. Geol. Sc., London 1983, 82/6, p. 71.

VIGOUROUX Ph., VANCON J.-P., DROGUE C. — Conception d'un modèle de propagation de pollution en nappe aquifère : exemple d'application à la nappe du Rhin. *J. of hydrology,* 1983, Vol. 64, pp. 267-279.

Environnement

ALBINET M. (SUAIS-PARASCANDOLA M.-F.). — Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution : l'expérience française. Communication au Séminaire sur les stratégies et pratiques de protection des eaux souterraines. Thème III. CEE/ONU, Athènes, oct. 1983.

ANDRE P., DUBOIS de La SABLONNIÈRE F. — Élevage intensif et qualité des eaux souterraines dans un département breton. Réflexions pour une politique d'aménagement. *In :* TSM, mai 1983.

BABOT Y., SCHMITT J. — Neutralisation d'un terril de résidus de l'industrie de l'oxyde de titane. *In : Hydrogéologie - Géologie de l'ingénieur,* 1983, n° 3.

BARRES M. — Les décharges contrôlées de résidus urbains et la pollution des eaux. Commune di Roma. Conferenza Internazionale dei Communi (résumés italien, français, anglais, allemand). Guilio Milazzo, 1983 Birkhaüser Verlag, Basel. Roma, 13-18 III 1981, pp. 145-158.

BARRES M., BROSSIER G., LALLEMAND-BARRES A., SAUTER M. — Détermination des perméabilités des sols et sous-sols. Aspects théoriques et pratiques. Communication au 3e Symposium « Protection des sols et devenir des déchets » organisé par le Secrétariat d'État à l'Environnement et à la Qualité de la Vie. Mission des études et de la recherche et par l'Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED), La Rochelle, 22-24 novembre 1983, pp. 223-232.

BARRÈS M. (COLIN F., SAUTER M.). — Étude expérimentale en casiers et en site réel de la mise en décharge conjointe de boues à haute teneur en liquide. Communication au 3e symposium « Protection des sols et devenir des déchets » organisé par le Secrétariat d'État à l'Environnement et à la Qualité de la Vie. Mission des études et de la recherche et par l'Agence nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED), La Rochelle 22-24 novembre 1983, pp. 181-196.

BERGER G., BOSCH B., MARCE A. — Ten years' quantitative analysis of tritium in rain, surface water and groundwater in Brie (Seine-et-Marne) France. *In :* Institute of Geological Sciences. Rep. Int. Geol. Sci., 82/6, London 1983, p. 40.

BERGER G. (LANDREAU A., GARNIER J.-L., EBERENTZ P.). — Anticipation and control of groundwater quality. *In :* Institute of Geological Sciences. Rep. Int. Geol. Sci., 82/6, London 1983, p. 15.

COLLIN J.-J., GOUISSET Y., POINTET T., ROYER J.-M. — Dispositif hydrodynamique de fixation des chlorures autour des bassins de stockage. Usine Solvay à Tavaux - Jura (France). *In : Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 3.

Enfouissement profond des déchets

FERNANDEZ A., FEYBESSE J.-L., MEZURE J.-F. — Theoretical and experimental study of fabrics developed by different shaped markers in two-dimensional simple shear. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 3, pp. 319-326.

MARSILY de G., LEDOUX E., MASURE Ph. — Analyse des risques et géologie prospective en matière d'enfouissement profond des déchets de l'industrie nucléaire. *Revue IRE Tijdschrift, Bruxelles,* 1983, vol. 7, n° 2.

OUVRY J.-F. — Essais triaxiaux sur argiles congelées. C.R. des journées universitaires « Bilan et perspectives en Génie civil », E.N.S.G. Nancy, octobre 1983.

PEAUDECERF P., ANDRE-JEHAN R., BARBREAU A. — Selection and characterization of deep underground reposistory sites. *In :* Waste management 83, Symp. Tucson (Arizona) febr. 27 - march 3, 1983.

PEAUDECERF P., BARTHOUX A. et *al.* — Études de stockage géologique en France. Commun à la Conférence Intern. sur la gestion des déchets radioactifs, AIEA, Seattle : 16-20 mai 1983.

PEAUDECERF P., GOBLET P., LEDOUX E., MARSILY G. de, CALMELS P., GUIZERIX R. — Processes of solute transfer in fissured aquifers. *In :* Institute of geological Sciences. Rep. Inst. Geol. Sci., London 1983 82/6, p. 6.

Fracturation naturelle et provoquée

BERTRAND L., BILLAUX D. — Mesures de contraintes *in situ :* comparaison de différentes méthodes. Symposium international « Essais en place », vol. 2, Paris, 1983.

BERTRAND L., DURAND E. — Mesures de contraintes, *in situ :* comparaison de différentes méthodes. Symposium international. Essais en place. Paris 1983.

BILLAUX D., FEUGA B. — A theoretical model of the influence of stress variation on the permeability of jointed rock. CEC Technical Session on « Computer Modelling of Stresses in Rock », Bruxelles, 6-7 décembre 1983.

BLES J.-L., BONIJOLY D. — Histoire tectonique du Quercy (bordure N-E du Bassin d'Aquitaine, France). Géométrie, cinématique et chronologie des déformations cassantes. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 5.

BONIJOLY D., CASTAING C. — Fracturation et genèse des Bassins stéphaniens du Massif central français en régime compressif. *Soc. Géol. du Nord,* 1983.

BOULMIER J.-L., GABLE R., FEUGA B. — Physical, mechanical and thermal characteristics of Auriat granite (Creuse, France). Technical Session of Rock Mechanics : « Advances in laboratory sample testing », Bruxelles, 27 avril 1983.

CROCHET Ph. — Prévision de la fracturation profonde à partir de levés de surface dans un massif cristallin. *In :* 2nd European Union of Geosciences, 1983, Strasbourg. *Terra Cognita,* 1983, vol. 3, n° 2-3, N-C 7, pp. 254-255.

CROCHET Ph. — Étude de la fracturation et de la karstification de la grotte d'Ambielle (Pyrénées Atlantiques). Actes du Colloque de Seyssins sur le karst. 6-7-8 juin 1981. Fédération Fr. de Spéléologie *Spélunca,* Mémoire n° 11, 1983, pp. 74 à 82.

FEUGA B. — Caractérisation du milieu poreux équivalent à un milieu rocheux fracturé par essai à l'eau *in situ.* Bulletin de l'AIGI, n° 26-27, Paris, 1983.

FERNANDEZ A., FEYBESSE J.-L., MEZURE J.-F. — Theoretical and experimental study of fabrics developed by different shaped markers in two-dimensional simple shear. *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 1983, (7), t. XXV, n° 3, pp. 319-326.

Sécurité

ASTE J.-P. — Les mesures *in situ* des déformations du sol. Symposium Essais en place. AIGI, 1983, PARIS. Volume 2, pp. 5-12.

ASTE J.-P. — Perfectionnement et développement des méthodes inclinométriques. *Bull. Ass. int. Géol. l'Ing.,* 1983, n° 26-27, pp. 5-15.

ASTE J.-P. — Pentes naturelles, aménagement et réaménagement en site urbain. L'exemple lyonnais. Journées d'études - ouvrages souterrains urbains, 9-10 juin 1983. *Rev. Ass. fr. Trav. en souterrain,* 1983, n° 60, nov.-déc. 1983.

ASTE J.-P. — La prévention des mouvements de terrain. Spécifications techniques. Ed. B.R.G.M. *Hydrogéologie et Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 2.

CANCEILL M. — Risques naturels et théorie mathématique du risque. Ed. B.R.G.M. *Hydrogéologie et Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 2.

DADOU C., GODEFROY P., VAGNERON J.-M. — Évaluation probabiliste de l'aléa sismique dans le Sud-Est de la France, Document du B.R.G.M., 1983, n° 59.

DELAUNAY J., avec la collaboration de HUMBERT M. — Carte des zones exposées à des glissements, écroulements, affaissements et effondrements de terrain en France à 1/1 000 000. Mémoire du B.R.G.M., 1983, n° 124.

GODEFROY P., HUMBERT M. — La cartographie des risques naturels liés aux mouvements de terrain et aux séismes ; application en France à l'élaboration des plans d'exposition aux risques (PER). Éd. B.R.G.M., *Hydrogéologie-géologie de l'ingénieur,* 1983, n° 2, pp. 69-90.

GODEFROY P., MOUROUX P. — Les risques liés aux séismes : nature, définition des zones exposées, cartographie. Journées d'étude de la SOCOTEC « L'évolution de la réglementation parasismique en France et dans le Monde », Paris, 17-18 mai 1983.

HUMBERT M., VOGT J. (coll. J. DELAUNAY et S. THIRION). — Le fichier d'information sur les mouvements de terrain en France et ses applications. Éd. B.R.G.M. *Hydrogéologie et Géologie de l'Ingénieur,* (1983), n° 2.

MALATRAIT A.-M. — Dynamique des pentes et des dépôts récents dans la région de La Paz (Bolivie). Éd. B.R.G.M. *Hydrogéologie et Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 2.

MARILLIER F., GAUTHIER A., VOGT J. — La sismicité en Corse : revue historique et étude macrosismique de quelques événements récents, Pageoph. (1983).

MASURE P. — Risque géologique et développement urbain. Éd. B.R.G.M. *Hydrogéologie et Géologie de l'Ingénieur,* 1983, n° 2.

MESSIN M. — Fondations spéciales de la gare supérieure du téléphérique de Val-Thorens. *Aménagement et Montagne,* n° 38, nov.-déc. 1982.

MOUROUX P. — De la géologie aux risques naturels. Conférence aux journées d'étude de l'ENPC « Grands travaux et géologie », Paris, 11-12 oct., 1983.

VOGT J. — Révision de deux séismes majeurs de la région d'Aix-la-Chapelle-Verviers. Liège ressentis en France : 1504 et 1692, Communicat. aux journées de sismicité historique des Rencontres d'Antibes, CNRS, Novembre 1983.

VOGT J. — El terremoto del 7 Mayo 1842 (La Hispaniola) ; Estado de la investigacion. Acta Cientifica Venezolana, t. 34, suppl. n° 1, p. 519.

VOGT J. — La crise sismique de 1636 aux confins de Basse et Haute-Alsace, Annuaire des Amis de la Bibliothèque Humaniste de Sélestat, 1983.

VOGT J. — The Pyrenees earthquake of 1660 : Effects in France, Disasters, 1983, t. 7, n° 3.

VOGT J. — Earthquake prediction reviewed, Episodes, 1983, n° 1, p. 36.

VOGT J. — Mouvements de terrain associés aux séismes in : « Éboulis et environnement géographique passé et actuel », Colloque de l'Assoc. Géogr. Fr., 1983, pp. 99-101.

WEBER C. — Morphostructural lineaments and strong earthquakes of Western Alps. (en collaboration avec A.-J. Gorshkov et E.-Y. Ranzman). *Bull. Seismologique Acad. URSS,* 1983, n° 14, pp. 67-73.

WESTERCAMP D., TRAINEAU H. — The past 5000 years of volcanic activity at Mount Pelée, Martinique (FWI) : implications for assessment of volcanic hazards. *J. Volc. and Geoth. Res.,* 1983, vol. 17, n° 1-4, pp. 159-186.

Combustibles solides

BECQ-GIRAUDON J.-F. — Un modèle du bassin carbonifère européen ? Les bassins houillers actuels d'Indonésie. *Géochronique,* 1983, n° 2, pp. 11-14, 5 fig.

BECQ-GIRAUDON J.-F. — Synthèse structurale et paléogéographique du bassin houiller du Nord. Mém. B.R.G.M., 1983, n° 123, 72 p., 17 fig., 4 pl., 1 tabl., 3 pl. h.t.

BONIJOLY D., BLES J.-L. — Histoire tectonique du Quercy (bordure nord-est du Bassin d'Aquitaine, France) : géométrie, cinématique et chronologie des déformations cassantes. *Bull. Soc. Géol. F.,* 1983, (7), t. XXV, n° 5, p. 88.

LEPLAT J. — Gazéification souterraine profonde du charbon sur le sîte de la Haute-Deûle (Pas-de-Calais). Cadre géologique. *Bull. Soc. Géol., Fr.,* 1983.

Énergies nouvelles

AUSSEUR J.-Y., CAMPINCHI J., SAUTY J.-P. — Pompes à chaleur sur nappe et stockage en aquifère. *In : Annales des Mines,* mai-juin 1983.

BABOT Y., CLAVEQUIN J.-P., COCHET A., HAESSLER J.-G. — Utilisation de la nappe phréatique pour le chauffage par pompes à chaleur des grands ensembles d'habitat collectif existant. *In :* Chauffage - Ventilation - Conditionnement (CVC), n° 8/9, 1983, pp. 9-12.

BECKELYNCK J., BOSCH B., DESPLAN A., DUPAS J., LEPLAT J., TALBOT A. — Étude des possibilités d'exploitation d'eau chaude dans le Hainaut. *In :* Intern. Seminar European geothermal update, 1983. Commission of the European Communities, Munich 1983, session 1, pp. 116-121.

BERTHIER F. — Evaluation of the low enthalpy geothermal potential of neogene grabens of northern Greece. *In :* 3rd Intern. Seminar European Geothermal update. 1983, Munich. Commission of the European Communities, pp. 167-170.

CHILES J.-P., GABLE R. — Three dimensional modelly of a geothermal field, *Proc. Nato Adv. Studies Inst.,* 1983.

DESURMONT M. — Le coût de l'énergie géothermique. *In :* Communication aux Journées internationales de géothermie appliquée, Paris, mai 1983, 14 p.

FOUILLAC C. — Chemical geothermometry in CO_2. Rech. Thermal waters. *Geothermics,* 1983, 12, 2/3, pp. 149-160.

GABLE R. — Geothermal investigations in some deeps wells in sedimentary basins : temperature disturbance observed and their interpretations. Intern. Colloquium on thermal Phenomena in sedimentary basins, St-Medard -en-Jolles, 1983.

GOGUEL J. — Les ressources françaises : inventaires et législation. Communication aux Journées Internationales de Géothermie Appliquée (JIGA), Paris, mai 1983, Paris, 6 p.

JEAMBRUN M. — Le Puy Chalard et le maar de Laty, appareils complémentaires du système phréatomagmatique développé au Nord de la Chaîne des Puys (Massif Central Français). *Bull. Soc. géol. Fr.,* 1983, 7e série, t. XXV, n° 2, pp. 273-275.

LEJEUNE J.-M. — Applications de la géothermie basse température à l'industrie et à l'agriculture. Communication aux Journées internationales de géothermie appliquée (JIGA), Paris, mai 1983, 8 p.

MAGET P. — Synthesis on « low enthalpy » geothermal resources in France. *In :* 3rd Intern. Seminar European geothermal update 1983, Munich. Commission of the European Communities 1983, pp. 9-20.

NOIRBENT M. — La boucle géothermale. Communication aux Journées internationales de Géothermie Appliquée (JIGA), Paris, mai 1983, 11 p.

SAUTY J.-P. — Stockage d'énergie de grandes capacités. *In :* Colloque n° 7 du Salon International des Techniques et Énergies du Futur (SITEF), 18-23 octobre 1983, Toulouse (Introduction - Synthèse des communications - Discussions).

VARET J. — Potentiel de la géothermie basse température dans le monde et en Europe. Communication aux Journées Internationales de Géothermie Appliquée (JIGA), Paris, mai 1983, 11 p.

VAUBOURG P., LEBRETON F. — Contribution of well-logs to determining permeability and porosity in crystalline rocks. Institute of Geological Sciences. Rep. Inst. Geol. Sci. n° 82/6, London 1983, p. 21.

WESTERKAMP D., TRAINEAU H. (1983). — The past 5 000 years of volcanic activity at Mt Pelee - Martinique (FWI). *Geotherm Res.* (1983), 17, pp. 159-185.

RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES

Télédétection

KING C. — Les qualités spectrales des sols nus : Analyse de spectres radiométriques acquis sur le terrain dans le Bassin parisien. Colloque international. Signatures spectrales d'objets en télédétection - ISP, Com. VII, Bordeaux, septembre 1983.

POINTET T. — La télédétection. *In : Actuel Développement,* sept.-oct./nov.-déc. 1983, n° 56-57, p. 65.

WEBER C. — The Pitfalls and prospects of Geological Remote-Sensing-Opening remarks. *Adv. Space res.,* 1983, vol. 3, n° 2, pp. 5-7.

Valorisation des forages analyse in situ géotechnique en forages et minière

BERTRAND L., DURAND E. — Mesures de contraintes *in situ :* Comparaison de différentes méthodes. Symposium international ; essai en place, volume 2. Paris 1983.

BONVALLET J., BOTH J., PERAGALLO J., PILET Ph., WOJTKOWIAK F. — Stabilité des carrières souterraines : méthodes d'auscultation dynamique. Bulletin de l'AIGI, n° 26-27, Paris, 1983.

BOTH J., FEUGA B. — La stabilité des carrières souterraines de Gironde ; influence du trafic routier. Techniques et Sciences municipales, mars 1983.

BOUILLEAU M., DURAND E., FEUGA B. — Contraintes mécaniques *in situ* et dimensionnement des ouvrages miniers : perspectives nouvelles. Symp. internat. de l'AIGI sur « Géologie de l'ingénieur et la construction en souterrain », Lisbonne, 12-15 septembre 1983.

FEUGA B. — Les cavités artificielles dans le sous-sol. Conférence prononcée aux 5e journées d'étude du STERN, Poitiers, 17-18 novembre 1983.

FRIGNET B. — Induction Logs applied to mineral exploration and development. (International Symposium and workshop borehole, Geophysics, Toronto, Canada), 1983.

FRIGNET B. — Petrophysical signature of deep sulfide deposit of Neves-Corvo, Portugal - S.E.G., Las Vegas, 1983.

LE MASNE D. — Développement d'une méthodologie géophysique à partir des forages pour l'étude des sites de stockage en formation granitique. Commission des Communautés Européennes. Sciences et techniques nucléaires, 1983, rapport EUR 8747 FR, 138 p.

MESSIN M. — Extension de la carrière de Lepuix-Gy (Territoire de Belfort) : analyse de la stabilité et détermination des conditions d'exploitation. *Revue de l'Industrie Minérale,* Les Techniques, janvier 1983.

VIAL A., FRIGNET B., LEBERT F., VILLENEUVE B., AYE F. — Les forages et leur valorisation dans le domaine minier métallique. Perspectives ouvertes par les diagraphies. *Chronique de la Recherche Minière* (1983), n° 471.

Recherche sur les techniques géophysiques

MENICHETTI V., GUILLEN A. — Simultaneous interactive magnetic and gravity inversion. *Geophysical prospecting,* 1983, Volume 31, Number 6.

VACHETTE C., VALLA P. — Expérimentations géophysiques méthodologiques à Neves Corvo (Portugal), *in.* Recueil des communications présentées au colloque VRSS de Sophia Antipolis des 3, 4, 5 novembre 1982. Documents du B.R.G.M. (1983), n° 61.

Recherches sur les techniques géochimiques

POLLACK H.-R., ZEEGERS H. — Influence de la granulométrie des prélèvements sur la réponse géochimique en milieu équatorial : un exemple au Surinam. *Chron. rech. minière,* 1983, n° 472, pp. 53-62.

DEGRANGES P., BAUBRON J.-C., LELEU M. — Où en est l'atmogéochimie appliquée à la prospection des gîtes ? *Chron. rech. minière,* 1983, n° 473, pp. 67-73.

Recherche sur les techniques analytiques et minéralogie

BARI H., CESBRON F., MOELO Y., PERMINGEAT F., PICOT P., PIERROT R., SCHUBNEL H.-J., WEIL R. — La dervillite, Ag_2AsS_2, nouvelle définition de l'espèce. *Bull. Minéral.,* 1983, vol. 106, pp. 519-524.

BORSIER M., GARCIA M. — Analyse automatique d'échantillons géologiques par plasma I.C.P. *Spectrochimica Acta,* 1983, Vol. 38 B, pp. 123-127.

CRIAUD A. — Phénomènes d'oxydo-réduction et métaux en traces dans les eaux minérales carbogazeuses du Massif Central. Thèse 3e cycle (juin 1983).

GINDEROW D., CESBRON F. — Structure de la demesmaekerite, $Pb_2Cu_5(SeO_3)_6(UO_2)_2(OH)_2.2H_2O$. *Acta Crystallogr.,* 1983, vol. C, 39, pp. 824-827.

GINDEROW D., CESBRON F. — Structure de la derriksite, $Cu_4(UO_2)(SeO_3)_2(OH)_6$. *Acta Crystallogr.,* 1983, vol. C, 39, pp. 1605-1607.

JOHAN Z., PICOT P. — La pirquitasite, Ag_2ZnSnS_4, un nouveau membre du groupe de la stannite. *Bull. Minéral.,* 1982, vol. 105, n° 3, pp. 229-235.

WILLIAMS S.A., CESBRON F. — Wilcoxite and lannonite, two new fluosulphates from Catron County, New Mexico. *Mineralogical Mag.,* 1983, vol. 47, pp. 37-40.

REMOND G., PICOT P., GIRAUD R., HOLLOWAY P.-H., RUZAKOWSKI P. — Contribution of electron spectroscopies to X-ray spectrometry applied to the geosciences. *Scanning Electron. Microsc.,* 1983, vol. 4, pp. 1683-1706.

ZAPPETTINI E., PICOT P., SABOURDY G. — Nouvelles données sur le gisement aurifère du Chatelet (Massif central français). Liaison génétique probable entre l'or et les roches ultrabasiques. *C.R. Acad. Sci. Paris,* 1983, vol. 297, série II, pp. 351-354.

Recherches sur les techniques minéralurgiques

BAUDET G. — Removal of MgO from sedimentary phosphate by flotation using phosphoric esters as collectors. Seminaire Technique IFA/CNCCC sur les engrais phosphatés, Beijing (Chine), 1983, 24 mars-1er avril, pp. 1-36.

PLICHON V., CECILE J.-L., BOISSAY S., MAILLOT M. — Application of photoacoustic and difuse reflectance spectroscopy in minerals flotation. 3e Congrès International de Photoacoustique, Paris, 1983, *Journal de Physique,* Colloque C6, Suppl. n° 10, vol. 44, octobre 1983, pp. C6/109-C6/113.

CLIN F., GILOUX P. — Premières expériences à Nancy avec le procédé Revalord. Congrès sur le recyclage des déchets « Grondstoffen uit konsumptie-afval », 1983, Bruxelles, 8 juin, pp. 1-7.

OLLIVIER P., POLGAIRE J.-L., CHERIF M., HNID M., LEGOAS G., MORIZOT G. — Cobaltiferous tailings treatment for producting a high grade hydroxide. Symposium on extraction of steel alloying metals, 1983, Lulea, 15-18 mars, pp. 29-49.

BAUDET G., CECILE J.-L., HENCHIRI A., SAVE M. — Enrichissement des minerais sédimentaires à gangue carbonatée par flottation inverse et double flottation utilisant un ester phosphorique comme collecteur. Congrès de la Société de l'Industrie Minérale, 1983, Paris, 26 septembre-1er octobre, pp. 1-67.

CLIN F., BLANCHARD J.-M., COLIN F. — Èchantillonnage des déchets industriels : aspects théoriques et exemples pratiques. Symposium « Protection des sols et devenir des déc-

Recherches sur les techniques minéralurgiques

BAUDET G. — Removal of MgO from sedimentary phosphate by flotation using phosphoric esters as collectors. Seminaire Technique IFA/CNCCC sur les engrais phosphatés, Beijing (Chine), 1983, 24 mars-1er avril, pp. 1-36.

PLICHON V., CECILE J.-L., BOISSAY S., MAILLOT M. — Application of photoacoustic and difuse reflectance spectroscopy in minerals flotation. 3e Congrès International de Photoacoustique, Paris, 1983, *Journal de Physique,* Colloque C6, Suppl. n° 10, vol. 44, octobre 1983, pp. C6/109-C6/113.

CLIN F., GILOUX P. — Premières expériences à Nancy avec le procédé Revalord. Congrès sur le recyclage des déchets « Grondstoffen uit konsumptie-afval », 1983, Bruxelles, 8 juin, pp. 1-7.

OLLIVIER P., POLGAIRE J.-L., CHERIF M., HNID M., LEGOAS G., MORIZOT G. — Cobaltiferous tailings treatment for producting a high grade hydroxide. Symposium on extraction of steel alloying metals, 1983, Lulea, 15-18 mars, pp. 29-49.

BAUDET G., CECILE J.-L., HENCHIRI A., SAVE M. — Enrichissement des minerais sédimentaires à gangue carbonatée par flottation inverse et double flottation utilisant un ester phosphorique comme collecteur. Congrès de la Société de l'Industrie Minérale, 1983, Paris, 26 septembre-1er octobre, pp. 1-67.

CLIN F., BLANCHARD J.-M., COLIN F. — Èchantillonnage des déchets industriels : aspects théoriques et exemples pratiques. Symposium « Protection des sols et devenir des déchets », La Rochelle, 1983, 22-24 novembre, thème « Èchantillonnages des déchets industriels », pp. 1-20.

LIBAUDE J., MORIZOT G. — Le traitement des minerais d'or. Congrès de la Société de l'Industrie Minérale, 1983, Paris 26 septembre-1er octobre, pp. 1-61.

BLOISE R. — Modélisation. Objectifs. Contributions et limites dans le domaine du traitement des minerais. Table ronde de la Société de l'Industrie Minérale « Modélisation des opérations unitaires en Minéralurgie », 1983, Paris 9 décembre, pp. 1-12.

BROUSSAUD A., BLOISE R., BRACHET C. — Contribution de l'outil informatique à l'amélioration et à la conception d'installations de traitement des minerais. Table ronde de la Société de l'Industrie Minérale « Modélisation des opérations unitaires en minéralurgie », 1983, Paris 9 décembre, pp. 1-23.

BLOISE R., SHAKOURZADEH K., BARATIN F. — Modélisation d'un réacteur de production d'acide phosphorique. Table ronde de la Société de l'Industrie Minérale « Modélisation des opérations unitaires en minéralurgie », 1983, Paris 9 décembre, pp. 1-19.

C. LISTE DES THÈSES SOUTENUES

Thèses et diplômes soutenus par les agents du B.R.G.M. et par les stagiaires de recherche, affectés dans les différentes unités.

ANDRIANIAZY Annick. — Influences des conditions de sédimentation et de diagénèse sur le comportement géochimique des éléments traces (Sr, Mg, Fe, Mn) des carbonates pélagiques des sites 549 et 550 (D.S.D.P. LEG 80). Applications à l'Albien des sites 369A, 402A, 418B, du domaine vocontien et du Bassin de Paris. Thèse de 3e cycle.

ANGOT Béatrice. — Les minéralisations de la couverture mésozoïque des Pyrénées françaises : la bordure du bassin de l'Arize. Thèse de 3e cycle.

BARRIOT Jean-Pierre. — Programme de modélisation gravimétrique et magnétique pour la détermination d'indices structuraux. Problème inverse. Diplôme d'étude appliquée.

BELAYOUNI Habib. — Étude de la matière organique dans la série phosphatée du bassin de Gafsa-Metlaoui (Tunisie). Application à la compréhension des mécanismes de la phosphatogénèse. (Thèse d'état).

BELIN Jean-Michel. — Le massif de Saint-Gervais d'Auvergne (Massif central français). Évolution d'un ensemble granitique composite. Thèse de 3e cycle.

BERNARD Pascal. — Où il est fait bon usage des hautes fréquences pour la modélisation en champ proche des sources sismiques et le calcul d'accélérogrammes synthétiques. Thèse de 3e cycle.

BOURG Alain. — Modélisation du comportement des métaux traces à l'interface solide-liquide dans les systèmes aquatiques. Thèse d'état.

BOURRAT Martine. — Étude de la matière organique de sédiments permiens du bassin d'Autun : pétrographie, géochimie, altération à l'affleurement. Thèse de 3e cycle.

BOUTONNE Jean-Louis. — Étude informatique et statistique sur les gîtes d'Or d'Afrique. Premiers résultats. Ingénieurat.

BREGEON Jacques. — Introduction à l'aménagement du sous-sol. Thèse d'état.

BRIL Jean-Hubert. — Étude métallogénique des minéralisations antimonifères et associées du district de Brioude-Massiac (Massif central français) ; conditions géochimiques de dépôt, implications génétiques. Thèse d'état.

BRIOT Philippe. — Géologie et géochimie des gisements d'uranium liés aux milieux pré-évaporitiques intracontinentaux : les calcrêtes uranifères. Thèse d'état.

CRIAUD Annie. — Phénomènes d'oxydo-réduction et métaux en traces dans les eaux minérales carbogazeuses du Massif central. Thèse de 3e cycle.

DEBAISIEUX Bernard. — Géologie appliquée à l'aménagement urbain, Saint-Etienne (Loire). Thèse de 3e cycle.

DEBRAINE Marie-Hélène. — Décharges contrôlées et valorisation énergétique du biogaz. Des objectifs de traitement des déchets favorables à la protection de l'environnement. Diplôme d'étude appliquée.

DEBRAY Bernard. — Traitement d'images en télédétection. Un algorithme de vectorisation. Applications à la cartographie géologique. Diplôme d'étude appliquée.

FALCETTA Jean-Louis. — Étude cinématique et dynamique de chutes de blocs rocheux sur versants naturels. Diplôme d'étude appliquée.

GENTILHOMME Philippe. — Les consommations directes et indirectes d'énergie dans les filières de matières premières minérales et énergétiques. Méthodologie de l'analyse ; application aux minerais de fer. Thèse d'état.

GERMAIN Hélène. — Les filons quartzeux polyphases à Pb-Zn-Ba entre Causses et Cévennes : la structure de Pourcares. Diplôme d'étude appliquée.

JACQUET Michèle. — Évolution structurale et pétrographique de la partie Nord du Massif du Tenda (Corse). Thèse de 3e cycle.

JULLIOT Jean. — Le germanium dans des silicates de métamorphisme. Approche expérimentale dans le système : $FeO-Al_2O_3-GeO_2-SiO_2-H_2O$. Diplôme d'étude appliquée.

MARCHAL François. — Méthode pratique de correction topographique en gravimétrie par suivi de courbes de niveaux. Diplôme d'étude appliquée.

MARTEAU Pascal. — Le Bassin permo-carbonifère d'Autun : stratigraphie, sédimentologie et aspects structuraux. Thèse de 3e cycle.

PAILLERET Patrick. — Les nodules barytiques de l'Albien du Sud-Est de la France ; un exemple de concentrations minérales en relation avec l'évolution diagénétique du sédiment. Thèse de 3e cycle.

PELISSON Pierre. — Application des techniques élémentaires de l'analyse qualitative (microchimie, réactions à l'état solide, stilliréactions) à la détermination des espèces minérales. Diplôme d'étude appliquée.

PRADIER Bernard. — Transport et fixation de l'uranium en domaine supergène. Applications en prospection géochimique. Thèse de 3e cycle.

SAMB Momar. — Typologie et caractérisation physico-chimique de particules phosphatées. Application à la série phosphatée éocène de Casamance (Sénégal). Thèse Docteur Ingénieur.

SEDAN Olivier. — Étude cartographique et structurale d'un secteur de la corse alpine. La zone occidentale de la nappe des schistes lustrés (canton de Morosaglia). Thèse de 3e cycle.

SOLDANO Henry. — Contributions à la reconnaissance des signaux sismiques locaux. Thèse de 3e cycle.

VALETTE Claude-Olivier. — Karsts et filons à fluorine dans le faisceau synclinal du Morvan : le gisement d'Argentolle (Saône-et-Loire, France). Thèse de 3e cycle.

VAN GERDINGE Patrick. — Étude géologique et géotechnique des poudingues et des marnes oligocènes traversés par la ligne n° 2 du métropolitain de Marseille. Thèse de 3e cycle.

Imprimé par SODEXIC - Chartres



B.R.G.M. BP 6009 45060 ORLÉANS Cedex
Directeur de la publication : Jean-Claude Dumort

ISBN 2-7159-0046-5